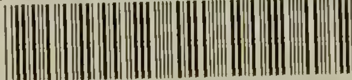
BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

F. MALMÉJAC

L'EAU DANS L'ALIMENTATION



BIBLIOTHÈQUE

SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. EM. ALGLAVE

XCVII



BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE

INTERNATIONALE

Publiée sous la direction de M. Émile ALGLAVE

98 VOLUMES PUBLIÉS

Chaque volume in-8, cartonné à l'anglaise : 6 fr.

1. J. TYNDALL. **Les Glaciers et les Transformations de l'eau**, avec figures. 1 vol. in-8. 7e édition . . . . 6 fr.
2. BAGEHOT. **Lois scientifiques du développement des nations**, dans leurs rapports avec les principes de la sélection naturelle et l'hérédité. 1 vol. in-8. 6e édition . . . . 6 fr.
3. MAREY. **La Machine animale**, locomotion terrestre et aérienne, avec de nombreuses figures. 1 vol. in-8. 6e édition augmentée . 6 fr.
4. BAIN. **L'esprit et le Corps.** 1 vol. in-8. 6e édition. . . . . . . 6 fr.
5. PETTIGREW. **La Locomotion chez les animaux**, marche, natation. 1 vol. in-8, avec figures. 2e édition. . . . . 6 fr.
6. HERBERT SPENCER. **La Science sociale.** 1 vol. in-8. 12e édit. 6 fr.
7. SCHMIDT (O.). **La Descendance de l'homme et le Darwinisme.** 1 vol. in-8, avec figures. 6e édition. . . . . 6 fr.
8. MAUDSLEY. **Le Crime et la Folie.** 1 vol. in-8. 7e édition . . . 6 fr.
9. VAN BENEDEN. **Les Commensaux et les Parasites dans le règne animal.** 1 vol. in-8, avec figures. 4e édition . . . . 6 fr.
10. BALFOUR STEWART. **La Conservation de l'énergie**, suivi d'une *Etude sur la nature de la force*, par M. P. de SAINT-ROBERT, avec figures. 1 vol. in-8. 6e édition . . . . 6 fr.
11. DRAPER. **Les Conflits de la science et de la religion.** 1 vol. in-8. 10e édition . . . . 6 fr.
12. L. DUMONT. **Théorie scientifique de la sensibilité.** 1 vol. in-8. 4e édition. . . . . 6 fr.
13. SCHUTZENBERGER. **Les Fermentations.** 1 vol. in-8, avec figures 6e édition. . . . . 6 fr.
14. WHITNEY. **La Vie du langage.** 1 vol. in-8. 4e édit. . . . . . 6 fr.
15. COOKE et BERKELEY. **Les Champignons.** 1 vol. in-8, avec figures. 4e édition. . . . . 6 fr.
16. BERNSTEIN. **Les Sens.** 1 vol. in-8, avec 91 figures. 5e édition. 6 fr.
17. BERTHELOT. **La Synthèse chimique.** 1 vol. in-8. 8e édition. . 6 fr.
18. NIEWENGLOWSKI (H.). **La photographie et la photochimie.** 1 vol. in-8, avec gravures et une planche hors texte . . . . 6 fr.
19. LUYS. **Le Cerveau et ses fonctions**, avec fig. 1 v. in-8, 7e édit. 6 fr.
20. STANLEY JEVONS. **La Monnaie et le Mécanisme de l'échange.** 1 vol. in-8, 5e édition. . . . . 6 fr.
21. FUCHS. **Les Volcans et les Tremblements de terre.** 1 vol. in-8, avec figures et une carte en couleur. 6e édition . . . . 6 fr.
22. GÉNÉRAL BRIALMONT. **Les Camps retranchés et leur rôle dans la défense des Etats**, avec fig. dans le texte et 2 planches hors texte. 3e édit. *Epuisé.*
23. DE QUATREFAGES. **L'Espèce humaine.** 1 v, in-8, 13e édit. . . 6 fr.
24. BLASERNA et HELMHOLTZ. **Le Son et la Musique.** 1 vol. in-8, avec figures, 5e édition. . . . . 6 fr.

25. ROSENTHAL. **Les Nerfs et les Muscles.** 1 vol. in-8, avec 75 figures, 3e édition. *Epuisé.*
26. BRUCKE et HELMHOLTZ. **Principes scientifiques des beaux-arts.** 1 vol. in-8, avec 39 figures. 5e édition . . . . 6 fr.
27. WURTZ. **La Théorie atomique.** 1 vol. in-8. 8e édition. . . . . 6 fr.
28-29. SECCHI (le père). **Les Etoiles.** 2 vol. in-8, avec 63 figures dans le texte et 1. pl. en noir et en couleur hors texte. 3e édit . . . 12 fr.
30. JOLY. **L'Homme avant les métaux.** 1 vol. in-8, avec fig. 4e éd. *Epuisé.*
31. A. BAIN. **La Science de l'éducation.** 1 vol. in-8, 9e édit. . . . 6 fr.
32-33. THURSTON (R.). **Histoire de la machine à vapeur,** précédée d'une Introduction par M. Hirsch. 2 vol. in-8, avec 140 figures dans le texte et 16 planches hors texte. 3e édition. . . . . 12 fr.
34. HARTMANN (R). **Les Peuples de l'Afrique.** 1 vol. in-8, avec figures. 2e édition. *Epuisé.*
35. HERBERT SPENCER. **Les Bases de la morale évolutionniste.** 1 vol. in-8. 6e édition . . . . 6 fr.
36. HUXLEY. **L'Ecrevisse, introduction à l'étude de la zoologie.** 1 vol. in-8, avec figures. 2e édition . . . . 6 fr.
37. DE ROBERTY. **La Sociologie.** 1 vol. in-8, 3e édition. . . . . . 6 fr.
38. ROOD. **Théorie scientifique des couleurs.** 1 vol. in-8o, avec figures et une planche en couleurs, hors texte. 2e édition . . . . 6 fr.
39. DE SAPORTA et MARION. **L'Evolution du règne végétal (les Cryptogames).** 1 vol. in-8, avec figures . . . . 6 fr.
40-41. CHARLTON BASTIAN. **Le Cerveau, organe de la pensée chez l'homme et chez les animaux.** 2 vol. in-8, avec fig., 2e éd. 12 fr.
42. JAMES SULLY. **Les Illusions des sens et de l'esprit.** 1 vol. in-8o, avec figures. 3e édition . . . . 6 fr.
43. YOUNG. **Le Soleil.** 1 vol in-8, avec figures. *Épuisé.*
44. De CANDOLLE. **L'Origine des plantes cultivées.** 4e éd. 1 vol. in-8o 6 fr.
45-46. SIR JOHN LUBBOCK. **Fourmis, abeilles et guêpes.** Études expérimentales sur l'organisation et les mœurs des sociétés d'insectes hyménoptères. 2 vol. in-8, avec 65 figures dans le texte et 13 planches hors texte, dont 5 coloriées. *Epuisé.*
47. PERRIER (Edm.). **La Philosophie zoologique avant Darwin.** 1 vol. in-8, 3e édition. . . . . 6 fr.
48. STALLO. **La Matière et la Physique moderne.** 1 vol. in-8, 3e édit., précédé d'une introduction par Ch. Friedel. . . . . 6 fr.
49. MANTEGAZZA. **La Physionomie et l'Expression des sentiments.** 1 vol. in-8, 3e édition, avec 8 planches hors texte. . . . . . 6 fr.
50. DE MEYER. **Les Organes de la parole et leur emploi pour la formation des sons du langage.** 1 vol. in-8, avec 51 figures, précédé d'une Introduction par M. O. Claveau . . . . 6 fr.
51. DE LANESSAN. **Introduction à l'Etude de la botanique (le Sapin).** 1 vol. in-8, 2e édition, avec 143 figures . . . . 6 fr.
52-53. DE SAPORTA et MARION. **L'Evolution du règne végétal (les Phanérogames).** 2 vol. in-8, avec 136 figures . . . . 12 fr.
54. TROUESSART. **Les Microbes, les Ferments et les Moisissures.** 1 vol. in-8. 2e édit., avec 107 figures. . . . . 6 fr.
55. HARTMANN (R.). **Les Singes anthropoïdes et leur organisation comparée à celle de l'homme.** 1 vol. in-8, avec figures . . . . 6 fr.
56. SCHMIDT (O.). **Les Mammifères dans leurs rapports avec leurs ancêtres géologiques.** 1 vol. in-8, avec 51 figures. . . . . 6 fr.
57. BINET et FÉRÉ. **Le Magnétisme animal.** 1 vol. in-8. 4e édit . 6 fr.
58-59. ROMANES. **L'Intelligence des animaux.** 2 v. in-8. 3e édit. 12 fr.
60. LAGRANGE (F.). **Physiol. des exerc. du corps.** 1 v. in-8. 7e édit. 6 fr.
61. DREYFUS. **Evol. des mondes et des sociétés.** 1 v. in-8 3e édit. 6 fr.
62. DAUBRÉE. **Les Régions invisibles du globe et des espaces célestes.** 1 vol. in-8, avec 85 fig. dans le texte. 2e édit . . . . 6 fr.

63-64. SIR JOHN LUBBOCK. **L'Homme préhistorique.** 2 vol. in-8, avec 228 figures dans le texte, 4e édit . . . . 12 fr.

65. RICHET (CH). **La Chaleur animale.** 1 vol. in-8, avec figures. . 6 fr.

66. FALSAN (A.). **La période glaciaire principalement en France et en Suisse.** 1 vol. in-8, avec 105 figures et 2 cartes. *Epuisé.*

67. BEAUNIS (H.). **Les Sensations internes.** 1 vol. in-8 . . . . . 6 fr.

68. CARTAILHAC (E). **La France préhistorique, d'après les sépultures et les monuments.** 1 vol. in-8, avec 162 figures. 2e édit. . . . . 6 fr.

69. BERTHELOT. **La Révolution chimique. Lavoisier.** 1 vol. in-8. 2e éd. . . . . 6 fr.

70. SIR JOHN LUBBOCK. **Les Sens et l'instinct chez les animaux, principalement chez les insectes.** 1 vol. in-8, avec 150 figures . . 6 fr.

71. STARCK. **La Famille primitive.** 1 vol. in-8 . . . . 6 fr.

72. ARLOING. **Les Virus.** 1 vol. in-8, avec figures . . . . 6 fr.

73. TOPINARD. **L'Homme dans la Nature.** 1 vol. in-8. avec fig. . 6 fr.

74. BINET (Alf.). **Les Altérations de la personnalité.** 1 vol. in-8, avec figures. 2e éd . . . . 6 fr.

75. DE QUATREFAGES (A.). **Darwin et ses précurseurs français.** 1 vol. in-8, 2e édition refondue. . . . . 6 fr.

76. LEFÈVRE (A.). **Les Races et les langues.** 1 vol. in-8. . . . . . 6 fr.

77-78. DE QUATREFAGES (A.). **Les Emules de Darwin,** 2 vol. in-8°, avec préfaces de MM. E. PERRIER et HAMY. . . . . 12 fr.

79. BRUNACHE (P.). **Le Centre de l'Afrique.** *Autour du Tchad.* 1 vol. in-8, avec figures . . . . 6 fr.

80. ANGOT (A.). **Les Aurores polaires.** 1 vol. in-8, avec figures . 6 fr.

81. JACCARD. **Le pétrole, le bitume et l'asphalte au point de vue géologique.** 1 vol. in-8, avec figures . . . . 6 fr.

82. MEUNIER (Stan.) **La Géologie comparée.** 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.

83. LE DANTEC. **Théorie nouvelle de la vie.** 2e éd. 1 v. in-8, avec fig. 6 fr.

84. DE LANESSAN. **Principes de colonisation.** 1 vol. in-8 . . . . 6 fr.

85. DEMOOR, MASSART et VANDERVELDE. **L'évolution régressive en biologie et en sociologie.** 1 vol. in-8, avec gravures . . . . 6 fr.

86. MORTILLET (G. de). **Formation de la Nation française.** 2e édit. 1 vol. in-8, avec 150 gravures et 18 cartes, ... 6 fr.

87. ROCHÉ (G.). **La Culture des Mers** (piscifacture, pisciculture, ostréiculture). 1 vol. in-8, avec 81 gravures . . . . 6 fr.

88. COSTANTIN (J.). **Les Végétaux et les Milieux cosmiques** (adaptation, évolution). 1 vol. in-8°, avec 171 gravures . . . . 6 fr.

89. Le DANTEC. **L'évolution individuelle et l'hérédité.** 1 vol. in-8. 6 fr.

90. GUIGNET et GARNIER. **La Céramique ancienne et moderne.** 1 vol., avec gravures . . . . 6 fr.

91. GELLÉ (E.-M.). **L'audition et ses organes.** 1 vol. in-8, avec gr. 6 fr.

92. MEUNIER (Stan.). **La Géologie expérimentale.** 1 vol. in-8, avec gr. 6 fr.

93. COSTANTIN (J.). **La Nature tropicale.** 1 vol. in-8, avec grav. 6 fr.

94. GROSSE (E.). **Les débuts de l'art.** Introduction de L. MARILLIER. 1 vol. in-8 avec 32 gravures dans le texte et 3 planches hors texte. 6 fr.

95. GRASSET (J.). **Les Maladies de l'orientation et de l'équilibre.** 1 vol. in-8 avec gravures. . . . . 6 fr.

96. DEMENŸ (G.). **Les bases scientifiques de l'éducation physique.** 1 vol. in-8, avec 193 gravures. . . . . 6 fr.

97. MALMÉJAC (F.). **L'eau dans l'alimentation.** 1 vol. in-8, avec gr. 6 fr.

98. MEUNIER (Stan.). **La Géologie générale.** 1 vol. in-8°, avec gr. 6 fr.

L'EAU

DANS L'ALIMENTATION

PAR

F. MALMÉJAC

Docteur en pharmacie
Pharmacien aide-major de 1re classe de l'armée
Membre correspondant de la Société de Pharmacie de Paris
Lauréat de l'École supérieure de Pharmacie de Nancy.

Préface de M. F. SCHLAGDENHAUFFEN

Directeur honoraire de l'École supérieure de Pharmacie de Nancy.

AVEC FIGURES DANS LE TEXTE

PARIS
FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR
ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET Cie
108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1902

PRÉFACE

Mon cher ami,

L'École supérieure de Pharmacie de Nancy n'a pas oublié le brillant succès que vous y avez remporté lors de la soutenance de votre thèse sur les matières organiques des eaux. A ce moment déjà vous songiez à poursuivre les études si brillamment commencées, je suis donc bien heureux aujourd'hui de les voir arriver à terme et de pouvoir les présenter au public.

Votre œuvre est très consciencieusement faite ; elle renferme de nombreux travaux originaux qui seront appréciés par ceux qui s'occupent de l'importante question de l'eau au point de vue alimentaire.

Vous envisagez l'eau non comme une solution de matières organiques et minérales ou un véhicule de germes, mais bien comme un véritable milieu de culture, conception nouvelle et très féconde, émise d'ailleurs pour la première fois.

Vous prouvez d'autre part, et non sans raison, que l'analyse de l'eau est une et qu'elle doit renfermer tous les renseignements, tous les chiffres que peuvent lui fournir la géologie, l'hydrologie, la chimie et la bactériologie, c'est là une remarque juste que bien des

savants français et étrangers semblent avoir trop souvent négligée.

En lisant votre belle étude des matières organiques des eaux je me rappelais l'intéressant travail qui vous valut, avec la mention très bien, un prix de thèse. Vous avez continué et agrandi le champ de vos recherches, montré que l'on ne pouvait s'occuper d'une partie de l'analyse de l'eau sans tenir grand compte de toutes les autres et ainsi fait progresser cette importante question.

Le public trouvera aussi dans votre ouvrage, à côté de nombreuses études personnelles sur l'épuration de l'eau, l'exposé méthodique et raisonné de tous les procédés d'épuration préconisés jusqu'à ce jour, procédés que vous appréciez à leur juste valeur.

Votre livre, très complet, arrive à son heure; il étend nos connaissances sur la chimie de l'eau. Je ne saurais trop en recommander la lecture, tout en souhaitant au public instruit d'y trouver tout le plaisir et tout l'intérêt que j'y ai trouvé moi-même.

F. SCHLAGDENHAUFFEN,
Directeur honoraire de l'École Supérieure de Pharmacie.

Nancy, le 6 mars 1902.

L'EAU DANS L'ALIMENTATION

INTRODUCTION

De toutes les questions qui intéressent l'hygiène aucune n'a peut-être donné lieu à autant de publications que celle de l'eau. Son étude est, en effet, des plus passionnantes, et l'importance des problèmes qu'elle soulève ne saurait être mise en doute par qui que ce soit.

De nombreux savants se sont occupés de l'eau ; malgré leurs importants travaux, il reste encore beaucoup à faire pour connaître les transformations qui s'accomplissent dans un milieu aussi complexe où la concurrence vitale joue un si grand rôle.

Le jour où ces transformations seront parfaitement connues, où l'on pourra éviter les nuisibles tout en favorisant les nécessaires, le grand problème de l'épuration des eaux sera résolu et du même coup celui de l'alimentation en eau potable des groupes et des individus. L'on verra alors, comme permettent de l'espérer les résultats déjà acquis, les épidémies diminuer d'une façon notable et la mortalité suivre de ce fait la même voie. L'hygiène aura fait un progrès immense.

La question de l'eau en général et en particulier de l'eau de boisson, est tellement capitale qu'elle s'est toujours imposée à l'homme.

De tout temps, et dans tous les pays, ce dernier s'est préoccupé de la valeur des eaux d'alimentation. C'est cette

préoccupation qui a conduit autrefois les Romains à élever dans tous les pays où ils sont passés les célèbres ouvrages d'adduction d'eau dont nous admirons encore aujourd'hui les grandioses vestiges, c'est elle qui impose de nos jours tant de sacrifices aux départements et aux villes qui veulent assurer à leurs habitants une eau abondante et salubre.

Ce ne sont pas seulement les peuples civilisés qui se préoccupent de leur alimentation en eau mais encore les peuplades plus ou moins sauvages. Pour vivre, il faut de l'eau et ce besoin absolu les amène à se grouper autour des sources, le long des rivières, au bord des lacs.

De nos jours, lorsque nous voulons créer un centre, nous nous préoccupons toujours de son alimentation en eau potable.

Il est bien certain, qu'aujourd'hui, nos exigences sont plus grandes qu'autrefois. Les anciens ne pouvaient juger une eau que par ses qualités organoleptiques : limpidité, saveur, odeur ; mais maintenant les recherches des savants nous ont appris à nous défier de l'eau même la plus claire, ils nous ont montré qu'elle pouvait renfermer, à côté de substances organiques plus ou moins toxiques, des substances organisées, des végétaux inférieurs, causes de grandes et redoutables épidémies.

Quoi qu'il en soit, que nous soyons plus ou moins difficiles sur la qualité de l'eau destinée à la boisson, il n'en est pas moins vrai que les anciens ont eu, comme nous, le souci de cette valeur, qu'ils ont entouré les sources d'une vénération toute particulière ; ils en avaient même fait un culte.

La question de l'eau de boisson qui a donné lieu chez eux à tant de travaux d'art est restée cependant à l'état rudimentaire pendant de longs siècles, parce qu'elle est intimement liée aux progrès des sciences physiques et naturelles. Aujourd'hui elle occupe une place capitale en hygiène et il n'est pas trop de la géologie, de l'hydro-

logie, de la chimie et de la bactériologie pour la résoudre.

Elle a donné lieu, comme nous le disions en débutant, à des études importantes et nombreuses, mais c'est surtout dans les vingt dernières années du siècle qui vient de finir qu'elle a fait des progrès.

Ce n'est qu'après avoir pris connaissance de la grande majorité de ces travaux qui soulèvent tant de questions diverses, que nous avons vu, malgré les progrès réalisés, que l'on était encore loin de connaître les phénomènes chimiques et biologiques dont l'eau est constamment le siège. Passionné pour une question aussi importante, dont les conséquences sont si grandes, nous nous sommes d'abord livré à un travail d'adaptation et de sélection, puis nous avons fait de nombreuses études particulières sur les points qui nous ont paru les moins clairs ou les plus controversés.

Ce sont les résultats de toutes ces recherches que nous exposons dans cet ouvrage; nous y avons aussi consigné des travaux personnels encore inédits, espérant qu'il résumera fidèlement les connaissances que toute personne instruite doit posséder sur cette matière. Nul n'oserait, en effet, se désintéresser d'une question qui a pour but de débarrasser, à jamais, le genre humain, des redoutables épidémies d'origine hydrique, et comme conséquence, de faire diminuer dans de grandes proportions la mortalité.

Nous diviserons ce travail en cinq parties qui seront chacune subdivisées en chapitres.

Première partie : De l'eau en général.

Deuxième partie : Des matières organiques de l'eau.

Troisième partie : Des germes de l'eau.

Quatrième partie : Valeur filtrante des divers terrains.

Cinquième partie : Épuration de l'eau.

Nous ne saurions faire ici une bibliographie complète de tous les travaux que nous avons consultés et parfois

cités, tant ils sont nombreux; le lecteur trouvera de vastes bibliographies dans :

1° *Traité de microbiologie* (Tome I) de Duclaux.

2° *Éléments d'hygiène* d'Arnould.

3° *Contribution à l'étude chimique des matières organiques des eaux* de F. Malméjac.

4° Revues d'hygiène.

Sétif (Algérie), le 10 janvier 1902.

PREMIÈRE PARTIE

DE L'EAU EN GÉNÉRAL

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

De tous les corps existant à la surface du globe, l'eau est incontestablement un des plus répandus ; non seulement elle en couvre les deux tiers, mais encore elle entre pour une large part dans la constitution de tous les tissus vivants végétaux ou animaux. C'est grâce à elle que se font les plus importants échanges de la nutrition et c'est par elle aussi que les déchets de la vie sont entraînés. On peut donc dire que si l'eau venait à manquer à la surface de la terre, la vie ne tarderait pas à disparaître. De là toute l'importance de son étude.

L'eau peut être étudiée au point de vue purement chimique, c'est-à-dire qu'après abstraction faite de tout ce qu'elle a pu dissoudre ou entraîner, on en recherche les corps simples qui la constituent, on en fait l'analyse et la synthèse. Ces travaux qui ont été magistralement conduits par des savants tels que Lavoisier et Dumas sont du domaine de la chimie pure, nous n'en parlerons pas.

Notre but est d'envisager l'eau au point de vue hygiénique, de passer successivement en revue les différentes eaux terrestres, d'y rechercher les souillures minérales, végétales, microbiennes et animales qu'elles peuvent renfermer.

Cette étude est des plus complexe et c'est cette complexité même qui en a rendu lents les progrès.

L'eau renferme, en effet, à côté des gaz qu'elle emprunte à l'atmosphère, des sels qu'elle enlève aux terrains qu'elle traverse ou sur lesquels elle circule, des souillures organiques ou organisées qu'elle emprunte, soit à l'air, soit au sol.

Avant la connaissance des méthodes délicates d'analyse que nous possédons aujourd'hui, il était difficile, même impossible, de se rendre compte de la présence de ces souillures dans l'eau, aussi les anciens se bornaient-ils à rechercher de l'eau limpide, claire, fraîche et de saveur agréable. Leurs investigations, toutes rudimentaires qu'elles étaient, exigeaient cependant des qualités que nous savons insuffisantes mais desquelles nous devons encore tenir compte : elles figurent, comme nous le verrons, parmi celles que nous exigeons d'une eau pour être potable.

Pendant très longtemps, l'analyse de l'eau fut ainsi réduite à la seule recherche de ses propriétés organoleptiques. Le long règne de l'alchimie, qui a cependant fait connaître plusieurs corps utiles, puis la théorie de Stahl sur le phlogistique, retardaient, en effet, la connaissance de la composition exacte de l'eau et par suite de ses souillures. Il faut donc arriver aux débuts du XIX[e] siècle pour voir les savants s'occuper de cette importante question.

La composition exacte de l'eau connue, il devenait plus facile de rechercher ses impuretés et les premières qui y ont été signalées ont été les souillures minérales. Celles-ci devaient être prévues car l'eau étant, en effet, le plus général des dissolvants, devait dissoudre les substances solubles contenues dans le sol. Par simple évaporation on obtenait un résidu.

Cette question ne devait réellement progresser que lorsque les inconvénients que présentaient ces eaux dans les usages domestiques ou industriels se firent réellement

sentir. Elle devait alors suivre et utiliser le mouvement scientifique du siècle qui vient de finir, mouvement qui a permis à l'hygiène d'évoluer rapidement et de prendre définitivement rang parmi les sciences.

L'histoire nous apprend bien qu'en 630 le roi Dagobert émettait un édit qui frappait d'amende la souillure des puits, qu'en 1224 l'empereur Frédéric II protégeait, à son tour, l'alimentation, mais ce ne sont là que de faibles essais de réglementation d'une portée d'autant plus minime que l'empirisme qui leur servait de base était plus grand. A cette époque, en effet, l'hygiène était essentiellement particulariste et s'adressait à une ville, à un peuple, ou à une secte religieuse, au détriment de tout le reste du genre humain.

C'est en 1848 seulement qu'en France l'on commence à s'occuper sérieusement de l'hygiène publique, des diverses questions qui s'y rattachent, et par suite de celle de l'eau.

Il est établi aujourd'hui que pour pouvoir se prononcer sur la valeur d'une eau comme boisson, il faut avoir recours à l'étude géologique des terrains qu'elle traverse, puis à son étude chimique et bactériologique. Géologie, hydrologie, chimie et bactériologie, sont donc les sciences qui doivent concourir à la solution de ce problème.

Ces vérités si évidentes à l'heure actuelle et si utiles dans leur ensemble pour juger de la souillure d'une eau ont eu cependant beaucoup de mal à se faire jour et nous verrons les savants accorder tour à tour, suivant l'inclinaison de leur esprit, une importance capitale, soit aux recherches chimiques, soit aux recherches bactériologiques, semblant oublier ainsi que les unes et les autres sont également indispensables pour l'étude biologique de l'eau.

L'on n'a tout d'abord recherché dans l'eau que les matières minérales, puis, à l'aide des connaissances ainsi acquises, on a essayé de reconnaître ses souillures. Ces résultats se sont vite montrés insuffisants. Des eaux d'ali-

mentation que l'étude de leur minéralisation permettait de considérer comme potables, n'en étaient pas moins dangereuses dans leurs emplois et pouvaient même provoquer, sans que l'on s'en doute alors, de redoutables épidémies ; l'épidémiologie mieux connue, cette analyse de l'eau devenait insuffisante.

C'est alors que l'on se préoccupe des matières organiques qu'elle peut renfermer en suspension ou en dissolution par suite de son passage à travers les terres arables, sur des débris végétaux ou animaux.

L'on sait, en effet, que le sol est le grand réservoir où tous les déchets de la vie et les produits de la mort viennent se transformer, se changer, petit à petit, sous des influences chimiques et microbiennes, encore peu connues, en matériaux qui serviront de nouveau aux vies futures, fermant ainsi le cycle des transformations dont la nature est constamment le siège. Ce sont ces transformations incessantes qui ont permis de formuler la loi de la conservation de la matière qui se vérifie partout : « rien ne se perd, rien ne se crée ».

A partir de cette époque, les idées se précisent, et l'analyse de l'eau entre dans une nouvelle phase. Elle ne se contentera plus, désormais, d'étudier sa minéralisation, elle va y rechercher aussi ses matières organiques.

Durant ce temps, Pasteur, que les travaux de chimie pure venaient de mettre aux prises avec la génération spontanée, montrait d'abord, grâce à l'ampleur de son génie, que certaines maladies ne se développaient que concurremment avec certains germes et, ensuite, que ces germes ou les produits toxiques qu'ils sécrètent, étaient bien la cause vraie de ces maladies. Cette idée, appliquée aux sciences médicales, devait avoir les plus grandes conséquences et chacun sait, aujourd'hui, combien elle a fait progresser l'épidémiologie et la chirurgie.

Aussitôt ces idées émises, l'on s'est préoccupé de rechercher partout les germes et c'est alors que l'on étudie ceux

que l'eau peut renfermer, Cette étude s'est faite parallèlement à celle des matières organiques. Mais, c'est surtout lorsque la présence des germes pathogènes dans l'eau a été définitivement démontrée que l'analyse bactériologique de ce milieu a pris une réelle importance.

C'est à partir de ce moment que le problème de la potabilité et de l'épuration des eaux a préoccupé, à juste titre, tous les hygiénistes, et c'est à ce moment aussi qu'ont pris naissance les diverses théories qui devaient tour à tour accorder une importance presque exclusive à l'analyse chimique ou à l'examen bactériologique.

Aujourd'hui encore, certains hygiénistes tendent à n'accorder que très peu d'importance à la première ; nous pensons que, dans l'état actuel de la science, c'est là une erreur que l'on ne saurait trop signaler.

Les chimistes et les bactériologistes ont invoqué, tour à tour, les raisons les plus diverses pour faire paraître illusoires les résultats fournis par l'analyse bactériologique ou l'analyse chimique de l'eau.

Certains esprits trop enthousiastes, se sont empressés de proclamer seules utiles les recherches bactériologiques, mais les résultats acquis sont loin de justifier cette manière de voir. Les uns et les autres semblaient confondre la potabilité et la pureté de l'eau qui sont deux qualités distinctes comme nous le verrons dans la suite. Une eau pour être potable doit être pure, mais une eau pure peut ne pas être potable.

Du reste, l'étude des phénomènes dont l'eau est constamment le siège ne saurait être faite sans la connaissance des divers éléments minéraux, organiques ou organisés que les eaux peuvent renfermer ; les uns sont du domaine de l'examen bactériologique, les autres de l'analyse chimique. Tandis que cette dernière fait connaître la composition minérale et organique des eaux, l'examen bactériologique en étudie les germes. Il est donc incontestable que ces deux analyses ne peuvent être substi-

tuées l'une à l'autre, qu'elles se complètent et ne sauraient se remplacer.

Nos diverses recherches sur ce sujet ont fait naître et affirmer en nous cette opinion : qu'il n'y a qu'une seule analyse de l'eau et que cette analyse comporte tous les faits, tous les renseignements, tous les chiffres que peuvent lui fournir la géologie, l'hydrologie, la chimie et la bactériologie. Ce n'est que par le concours constant de ces sciences qu'elle peut faire des progrès.

Nous venons de voir le rôle dévolu à la chimie et à la bactériologie, voyons quels sont les renseignements apportés par la géologie et l'hydrologie.

Ces deux sciences sont nécessaires parce qu'elles font connaître la composition des terrains et le mode de progression de l'eau dans leur intérieur ; bien plus, elles permettent de prévoir où l'on trouvera de l'eau et ce qu'elle vaudra a priori. C'est ainsi qu'une eau profonde sera plus ou moins filtrée, suivant qu'elle aura cheminé à travers tel ou tel terrain.

L'on peut s'adonner plus spécialement à l'étude de l'une quelconque des diverses parties de l'analyse de l'eau, mais l'on ne peut être absolu ; quelle que soit la partie à laquelle on s'intéresse, on ne peut en faire une étude sérieuse sans tenir compte des nombreux faits qui la relient à toutes les autres.

Nous pensons qu'il faut envisager l'eau, non comme une solution de substances organiques et minérales ou comme un véhicule accidentel pour les germes, mais bien comme un véritable milieu de culture. L'étude de l'eau, à ce point de vue, doit être féconde, car elle embrasse d'un seul coup sa biologie tout entière et nécessite aussi bien la connaissance de sa composition minérale et organique que de sa teneur en germes.

La composition de l'eau est excessivement variable ; elle est fonction du temps, du sol, des saisons. C'est l'étude de cette variabilité qui doit être faite avec toutes

les armes dont la science dispose si l'on désire faire progresser la connaissance des eaux terrestres.

L'on sait, en effet, que tel microbe qui possède dans un milieu déterminé une virulence donnée, voit cette dernière diminuer ou même disparaître dans un milieu de composition différente. Il suffit, parfois, de variations infimes dans la composition des milieux de culture, variations à peine appréciables par nos procédés d'analyses, pour amener de grandes différences dans le développement de telle ou telle espèce microbienne.

Il en sera de même pour l'eau. Telle eau renfermant plus ou moins de matières organiques ou minérales permettra le développement de l'Eberth, telle autre de composition différente, ne laissera vivre que le coli.

On voit par ce qui précède combien est délicate l'étude des eaux et combien il est peu aisé de se prononcer en toute connaissance de cause sur leur valeur. L'on sait déjà beaucoup sur la composition de ce milieu complexe mais il reste encore beaucoup à apprendre.

CHAPITRE II

HYDROLOGIE SOUTERRAINE. — MODE DE FORMATION DES NAPPES ET DES SOURCES

D'une manière générale, c'est à l'eau provenant de la condensation des vapeurs de l'atmosphère que l'homme puise pour son alimentation.

Il peut la prendre, soit au moment où elle tombe sous forme de pluie, en la recueillant et la conservant dans des citernes, soit après qu'elle s'est infiltrée dans le sol, en l'atteignant avec des puits, soit au moment où elle reparaît au jour sous forme de source, soit enfin en s'adressant aux cours d'eau, aux lacs ou aux étangs.

Ces eaux, comme nous le verrons, ont des valeurs hygiéniques différentes et c'est aux sources et aux nappes souterraines bien protégées que l'on s'adressera de préférence.

Voyons comment se forment ces sources et ces nappes.

L'eau, en tombant sur le sol, s'infiltre en partie dans les couches perméables et en partie ruisselle ; celle qui ruisselle devient de plus en plus impure tandis que l'autre, au contraire, se purifie à mesure qu'elle fait un plus long parcours. La quantité qui s'infiltre traverse d'abord la couche de terre arable, chemine ensuite à travers les diverses assises géologiques qui lui livrent passage jusqu'à ce qu'elle rencontre une couche imperméable au-dessus de laquelle elle se collecte. La nappe souterraine ainsi formée, va suivre la pente de cette dernière et apparaîtra de nouveau au jour, généralement à son point d'affleurement : la source sera constituée.

La quantité d'eau ainsi emmagasinée dans le sol sera d'autant plus grande qu'elle aura pu cheminer plus vite au travers des couches géologiques perméables. Cette vitesse est fonction du mouillage, de la capillarité, de la capacité pour l'eau des sols au travers desquels elle chemine ; la résistance de ces sols à la pénétratiou dépendra, non du volume total des espaces lacunaires, mais de leur degré de finesse et par suite du degré de finesse des éléments du sol.

Les divers terrains présentent, en effet, des perméabilités bien différentes et les nappes seront d'autant plus pures que les terrains qu'elles auront traversés seront des filtres plus parfaits. Certaines assises sont naturellement perméables, comme les grès par exemple ; d'autres, comme les calcaires, ne doivent leur perméabilité qu'à de nombreuses fissures.

S'il en était toujours ainsi, on pourrait, connaissant la géologie d'une région, prévoir où l'on trouvera de l'eau, savoir où se forment les sources. Mais, cette distribution est en réalité bien plus complexe. Les grands bouleversements qui ont agité les terrains aux divers moments de nos époques géologiques, ont amené des élévations ou des abaissements des diverses couches perméables et imperméables et ont permis ainsi aux eaux de se collecter et d'apparaître au jour, en tout autre lieu que celui prévu par l'étude des terrains en place. Ces phénomènes cosmiques ont, en effet, amené la formation de failles, d'érosions plus spécialement dues aux eaux superficielles et enfin d'éboulis et d'alluvions.

Les failles peuvent, soit faciliter les sources en redressant l'assise imperméable, soit au contraire abaisser la nappe.

C'est ainsi que figure 1, la nappe N, formée par le terrain perméable A, au niveau de la couche imperméable C, a été rejetée en N' ce qui favorise la formation de la source S.

Dans d'autres cas, au contraire, la nappe est abaissée

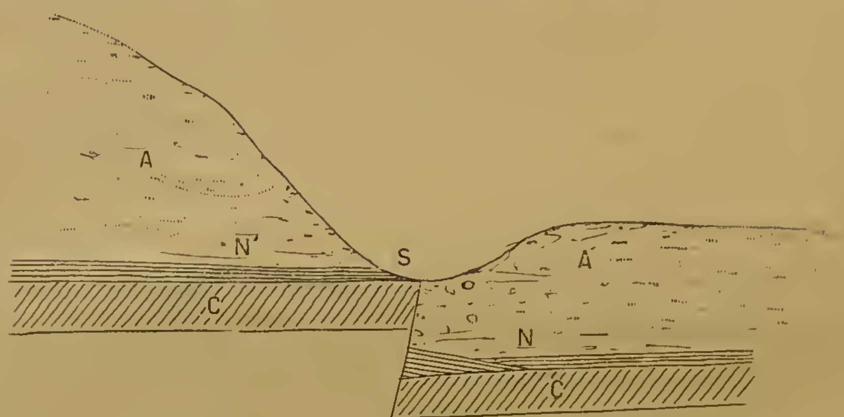


Fig. 1.

comme le montre la figure 2, et passe de N en N′, supprimant ainsi les sources qui se seraient normalement formées en S.

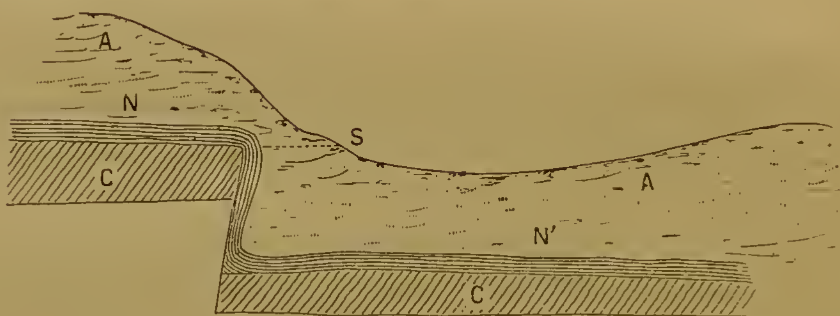


Fig. 2.

Les eaux superficielles en cheminant sur les divers terrains les entament d'autant plus qu'ils sont plus friables, plus poreux et creusent ainsi lentement, mais sûrement, les vallées qui sont encore facilitées par la dislocation même du sol. Certains auteurs pensent que la ligne des nappes souterraines suit celle des eaux superficielles. Cette opinion ne saurait être trop généralisée car elle comporte des exceptions.

En effet, l'on voit, figure 3, que la nappe souterraine N peut avoir une direction différente de celle de la vallée V et même fournir des sources à flanc de coteaux dans une vallée sèche.

Les éboulis provenant de la désagrégation des roches

qui constituent les coteaux viennent, peu à peu, se collecter au fond des vallées et recouvrir les terrains géologiques.

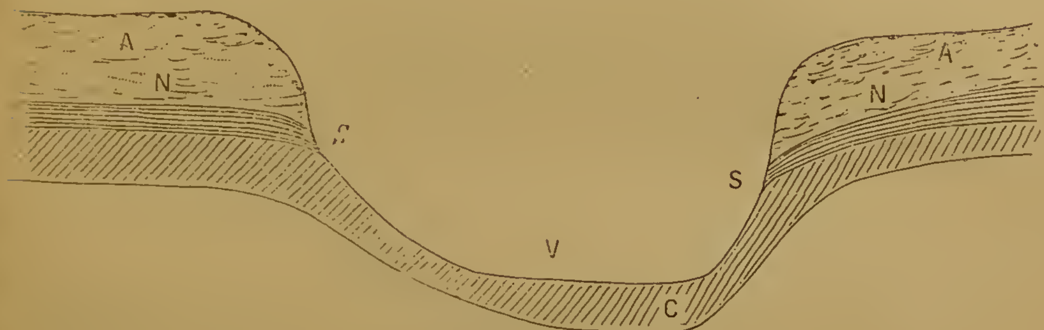


Fig. 3.

Si la couche imperméable, figure 4, vient affleurer le sol T sous les éboulis E, la source vraie sera masquée et ne paraîtra à l'air qu'après avoir fait un certain trajet au travers de ces éboulis, en un point plus bas S que celui qu'eût donné la source vraie qui se serait trouvée en S′.

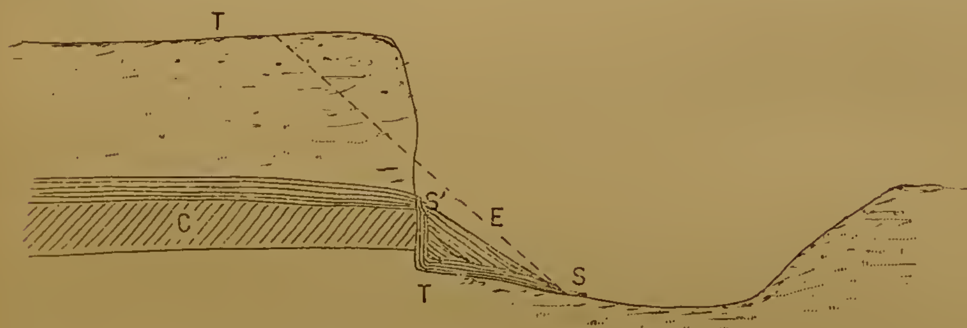


Fig. 4.

Les alluvions qui se déposent toujours dans le fond des vallées sont parfois assez épaisses pour retenir l'eau qui tombe à leur surface et donner lieu à une nappe appelée, en raison même de sa formation, nappe des alluvions. Cette nappe peut recevoir de l'eau des autres nappes souterraines.

C'est ainsi, figure 5, que la nappe N des alluvions A peut recevoir de l'eau de la nappe N′ qui vient déboucher en S sous ces alluvions.

Elle pourrait encore en recevoir de la nappe N″ qui,

grâce aux éboulis E, au lieu de voir le jour en S′ au-dessus des alluvions vient déboucher en S″ dans la nappe même de ces alluvions.

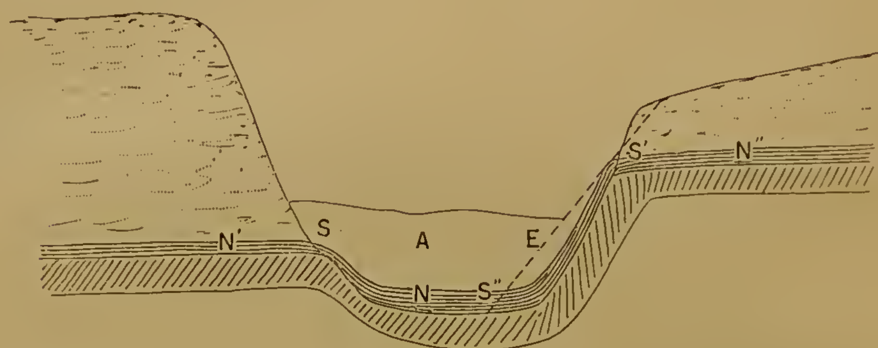


Fig. 5.

Nous voyons donc que le mode de formation des nappes et des sources est assez complexe et que ce n'est que par une étude géologique minutieuse de la région sur laquelle on désire chercher l'eau que l'on apprendra son hydrologie souterraine.

CHAPITRE III

VALEUR ET COMPOSITION DES EAUX SUIVANT LEUR ORIGINE

Nous diviserons les eaux, d'après leur origine, en quatre groupes :

1° Eaux météoriques.

2° Eaux profondes.

A. Eaux des nappes et des sources.

B. Eaux des puits.

3° Eaux superficielles.

A. Eaux des cours d'eau.

B. Eaux stagnantes.

4° Eaux de mer.

Les eaux de la deuxième catégorie devraient seules servir à l'alimentation.

EAUX MÉTÉORIQUES

Ces eaux sont celles qui proviennent de la condensation des vapeurs de l'atmosphère et qui arrivent au sol sous forme de pluie, de grêle, de neige, de rosée, de brouillard ou de givre.

Elles devraient être très pures, cependant l'expérience montre qu'elles renferment toujours une quantité plus ou moins grande de matières organiques, d'ammoniaque, d'acides nitreux et nitrique, même d'iode, d'après Chatin, et de germes. Comme l'a dit Frankland, « elles lavent l'atmosphère ».

La quantité d'ammoniaque diminue lorsque l'on s'éloigne des villes, elle est plus grande au printemps qu'en hiver

et en été qu'au printemps et en automne. D'après Schlœsing, cette ammoniaque de l'air proviendrait des mers et non du sol. D'après Bobierre, elle serait plus abondante dans la pluie recueillie à une faible hauteur que dans une zone atmosphérique élevée.

Les azotates augmentent lorsque l'on s'éloigne des villes.

A l'observatoire de Montsouris, l'on a remarqué qu'un litre d'eau de pluie des Buttes-Chaumont pouvait contenir de 1 à 3,6 milligrammes de matières organiques en oxygène emprunté au permanganate de potasse en milieu alcalin. De telles souillures sont rares.

Miquel est le seul savant qui se soit occupé jusqu'ici de la teneur en germes des eaux de pluie ; il a trouvé 4 bactéries par centimètre cube à Montsouris et 19 dans l'intérieur de Paris ; il y avait en outre 4 moisissures. Ces expériences ayant été faites dans une saison pluvieuse, on peut considérer comme un minimum les chiffres trouvés.

Plusieurs savants se sont occupés de déterminer la teneur en bactéries de la grêle. Beywid a trouvé dans l'eau de fusion des grêlons tombés à Varsovie en 1887, 21.000 bactéries par centimètre cube. Fontin, en opérant sur d'autres grêlons, a trouvé 729 germes par centimètre cube et Abel en 1894 de 50 à 300 bactéries dont la plupart étaient des bactéries du sol et de l'eau. L'on voit que cette composition est variable et cela se comprend facilement étant données les différences de souillures de l'air aux divers moments et en des lieux différents.

La neige aussi renferme des germes. Janowski a trouvé, dans les couches récentes qui forment les parties superficielles d'un tapis de neige, de 38 à 139 colonies, et dans les couches plus anciennes situées à un demi-centimètre de profondeur, de 2 à 145.

Il doit, selon toute vraisemblance, en être de même dans les diverses autres eaux provenant des condensations des vapeurs de l'atmosphère.

On peut, malgré cela, considérer comme assez bonnes les eaux de pluie. Leur minéralisation est faible, mais c'est là un inconvénient qu'il est facile d'éviter en les minéralisant artificiellement.

Lorsque l'eau de source ou des nappes souterraines fera défaut, il sera bon de recueillir les eaux de pluie et de les conserver dans des citernes.

Le plus souvent ces eaux sont reçues sur des toits (chapes) puis conduites directement aux citernes. C'est là une cause de souillure fréquente. Entre deux périodes de pluie, les toits récepteurs se couvrent de poussières, de germes et débris organiques que l'air, les insectes et les oiseaux ne cessent d'y déposer et la première eau qui tombe entraîne aux citernes toutes ces souillures qui rendent malsaine une eau potable à l'origine.

Si l'on désire employer ces eaux à l'alimentation, on aura soin de rejeter les premières qui tombent, c'est-à-dire celles qui auront servi au nettoyage de la surface réceptive. Ces eaux une fois écartées, on recevra le plus purement possible les suivantes que l'on conservera dans des lieux frais, à l'abri des poussières de l'air, tout en restant en contact avec ce dernier.

Comme nous le disions tout à l'heure, l'eau ainsi recueillie sera bonne mais peu minéralisée. Pour parer à cet inconvénient, il suffira de la faire passer avant son arrivée dans la citerne, à travers une couche de calcaire.

On peut recueillir les eaux de pluie d'une façon beaucoup plus rationnelle et qui donne des résultats supérieurs aux précédents en créant de toute pièce une source artificielle.

Les sources ainsi créées portent le nom de sources Rouby.

Pour les obtenir, on creuse une certaine surface de terrain qui doit être, autant que possible en pente douce, à 50 ou 60 centimètres de profondeur environ, on imperméabilise ensuite le fond, soit avec de l'argile, soit avec

du ciment, puis on comble la tranchée ainsi imperméabilisée, d'abord avec du sable de plus en plus grossier, puis on recouvre le tout de petits cailloutis.

La couche imperméable aura une inclinaison telle que toutes les eaux arrivant à la surface s'écouleront vers un même point où se trouvera placé un laboratoire cimenté contenant du carbonate de chaux qui assure la minéralisation de l'eau ainsi recueillie.

Cette eau sera ensuite conduite aux citernes. On pourra, si besoin est, lui faire traverser, avant son arrivée, un filtre quelconque, qui sera le plus souvent formé de sable et de charbon. Nous verrons, dans la suite, qu'il est en effet de toute importance de ne recueillir pour la conservation que des eaux pures.

L'eau tombant sur le terrain ainsi préparé filtre d'abord à travers la couche de sable, puis arrivant à la couche imperméable, se rend au laboratoire où elle se minéralise et de là aux citernes.

Connaissant la quantité de pluie qui tombe annuellement dans un lieu et la quantité d'eau nécessaire au groupe que l'on désire alimenter, on en déduira, par un calcul très simple, la surface de terrain à transformer en source artificielle. Cette surface devra toujours être rigoureusement protégée contre toute souillure.

L'imperméabilisation par l'argile offre un inconvénient : elle permet souvent de grandes pertes d'eau par les fissures qui, tôt ou tard, se font dans sa masse. Ces fissures mettent à nu une certaine quantité de terre arable pouvant permettre à plusieurs espèces de plantes de se développer et d'apporter ainsi à l'eau recueillie des souillures.

Le ciment est de tout point préférable, il donne une étanchéité parfaite et se prête mieux aux nettoyages.

Les eaux ainsi captées sont supérieures aux eaux de chapes, nous avons pu nous assurer de ce fait en analysant les eaux fournies par diverses chapes et sources Rouby.

La moyenne des résultats obtenus est consignée dans le tableau suivant. (Voyez le tableau page 22.)

A la lecture de ce tableau on voit que : les eaux de chapes renferment beaucoup plus de matières organiques que les eaux Rouby et que leur richesse microbienne est bien supérieure à celle des sources artificielles, aussi pensons-nous pouvoir recommander la vulgarisation de ces sources.

EAUX PROFONDES

A. — *Eaux des nappes souterraines et des sources.*

Les nappes souterraines ne sont pas, comme l'on pourrait le croire, de grandes masses d'eau libre, mais bien de l'eau logée dans les interstices des dernières couches du sol poreux qui leur a donné passage.

Comme nous l'avons vu, ces nappes sont plus ou moins mobiles suivant la pente de l'assise imperméable sur laquelle elles se collectent et aussi suivant les plus ou moins grandes dimensions des pores dans lesquels elles circulent.

Il peut exister dans le sol plusieurs nappes superposées. On a donné à la plus voisine de la surface le nom de nappe des puits et aux autres celui de nappes profondes, parmi celles-ci il peut s'en trouver d'artésienne, c'est-à-dire qui jaillissent à des hauteurs différentes au-dessus du sol, lorsqu'on les atteint avec des puits, que l'on appelle des puits artésiens parce que les premiers ont été creusés dans l'Artois.

Si l'eau est d'autant mieux filtrée qu'elle aura cheminé au travers d'un terrain perméable plus épais, les nappes profondes doivent être supérieures aux nappes superficielles et c'est ce qui a lieu en général.

Il en sera de même pour les sources qui seront d'autant plus pures qu'elles proviendront d'une nappe plus profonde.

TABLEAU I

	DEGRÉ HYDROTIMÉTRIQUE		NITRATES	NITRITES	AMMONIAQUE		OXYGÈNE		MATIÈRES ORGANIQUES		GERMES par centimètre cube.	EXAMEN microscopique du dépôt.	CONCLUSIONS
	Total.	Permanent.			Libre.	Albuminoïde.	1er jour.	15e jour.	Milieu alcalin.	Milieu acide.			
Eau des Chapes.	5	1	5	traces	0,04	0,07	10 ou 7 c.c.	7	2,4	6.2	Le 6e jour 29.500. Dès le 8e jour la gélatine est entièrement liquéfiée. Germes putrides et liquéfiants.	Masses amorphes, infusoires divers. Quelques monades. Bâtonnets.	Eau mauvaise en raison de la quantité des matières organiques et de la teneur en germes.
Eau Rouby . .	10	5	traces	néant.	traces	traces à peine sensibles	11	14	1,4	2,0	1.700 Quelques moisissures.	Dépôt formé de rares masses granuleuses amorphes, le plus souvent nul.	Eau médiocre à cause de la quantité de germes qu'elle renferme.

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre d'eau.
La numération des germes a été faite le 12e jour après ensemencement sur gélatine-peptone dans des boîtes de Pétri. Dilution au 1/100.
La matière organique a été dosée par le procédé Lévy et exprimée en milligrammes d'oxygène consommé par litre ; l'ammoniaque libre et albuminoïde par celui de Wancklyn et Chappman.

Ces eaux seront préférables à toutes les autres pour l'alimentation parce que en cheminant à travers les différentes couches du sol, elles se sont débarrassées de la majeure partie de leur matière organique et de leurs germes. Leur température le plus souvent constante, indépendante par conséquent de la température extérieure, est une garantie de la constance de leur composition, bien qu'à des époques différentes (pluie, sécheresse) les eaux d'une même nappe varient dans leur composition, surtout si la nappe est peu profonde. Leur valeur propre exprimée par leur composition minérale organique et microbienne, est fonction de la nature et de l'épaisseur des terrains d'où elles sortent.

D'autre part, A. Gauthier dit que : « Les eaux de sources souvent excellentes peuvent être impotables et même dangereuses lorsqu'elles sont chargées de sulfates ou qu'elles ont traversé des terrains riches en humus et en matières organiques en décomposition active ; celles qui sortent des couches géologiques de transition secondaires et tertiaires et qui jaillissent sur le versant et au pied des montagnes de moyenne élévation constituent le plus généralement une boisson saine, fraîche, agréable. Les eaux de source ont sur toutes les autres l'avantage d'une composition et d'une température à peu près constantes.

« Les sources des terrains gypseux, salés, anthraciteux, pyriteux ou trop riches en humus, celles qui proviennent d'infiltrations superficielles rapprochées et celles qui sortent des terrains quaternaires les plus modernes ne constituent généralement pas de bonnes eaux potables. »

On se fera une idée plus exacte de la composition des nappes d'après les différents terrains qu'elles traversent, en consultant les tableaux suivants.

Les résultats contenus dans le tableau II sont empruntés au Dr Imbeaux, ingénieur des ponts et chaussées; les analyses contenues dans le tableau III ont été faites par nous.

TABLEAU II

NAPPES	DEGRÉ HYDROTIMÉTRIQUE		RÉSIDU fixe avant calcination.	CHAUX	MAGNÉSIE	ACIDE sulfurique combiné.	CHLORE combiné.	ALCALIS en chlorures.	AUTRES corps.
	Total.	Permanent.							Silice.
Grès Vosgien	3,1	0.7	30	13	4	2	3	5	3
Grès bigarré	14,3	50.5	150 variable.	62	13 variable.	11	5	12	»
Médioconchylienne	28,5	70	315	137	23	28 variable.	6	12	»
Supra	38,8	16,4	410	155	60	10	6	48 variable.	»
Infrakeupérienne	34,5	6,5	470	186	12	56 variable.	14	18	»
Gypse (très variable)	62,9	49	750	251	68 variable.	165	21	35	»
Dolomitique	40.2	21,9	490	160	65	39	11	40	»
Grès infraliasique	34,9	11,1	420	155	32	25	8	»	»
Calcaire du lias	31	9	400	142	20	21	8	54 variable.	»
Calcaire ocreux	41,6	5,7	480	227	9	28	14	23	»
Grès médioliasique	37,5	17	470	190	12	76	14	27	»
Bajocienne	25	6.5	280	127	7	9	7	27	»
Infrabathonienne	25,3	5,8	274	137	6	12	5	33	»
Médiobathonienne	23	11	300	130	9	30	10	10	»
Callovienne	30.1	2,6	370	175	4	10	9	15	»
Infracoralienne	28	8	320	135	17	16	6	36	»
Supracoralienne	26.7	12	220	77	24	8	3	39	»
Supraastartienne	26	12,5	250	115	25	33	»	»	»
Alluvions	10,5	5,7	140	46	10	12	7	22	»

Tous les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

Tableau III

		Sources ou nappes							
		Calcaire oolithique Neufchâteau. Sources.			Éboulis calcaires, calcaires fissurés nappes de Bois l'Évêque.		Alluvions. Nappes.		Alluvions. Sources environs de Choloy.
		1	2	3	1	2	1 Dommartin.	2 Saint Epvre.	
Degré hydrotimétrique.	Total	23	23	45	22	19	14	18	»
	Permanent	15	15	13	8	5	2	12	»
Résidu fixe	Sec à 100°	300 blanc.	290 blanc.	373 brun.	370	290 blanc.	330 rougeâtre.	350 blanc.	»
	Perte au rouge	»	»	60	»	»	»	20	»
Chaux		155	150	151	157	116	145	149	»
Magnésie		Traces.	Traces.	0	36	24	0	0	»
Silice		9	9	12	Traces.	Traces.	11	Traces.	»
Acide sulfurique en SO^4H^2		Traces.	0	52	Traces sensibles.	Traces très sensibles.	0	Traces sensibles.	»
Chlore en NaCl		0	Traces.	Traces.	Traces.	Traces peu sensibles.	Traces.	Traces.	»
Nitrates		0	Traces.	Traces.	0	5	10	10	10
Nitrites		0	0	0	0	0	0	0	0
Ammoniaque.	Libre	0	0	0,051	0	0	0	0	0
	Albuminoïde	Traces.	Traces.	0.37	Traces.	0	Traces.	0,08	0,06
Oxygène		10	10	13,2	12	12	10	8,3	10,9
Matières organiques en milligr. d'oxygène par litre.	Milieu alcalin	0,8	0,8	5.4	2	0,6	1	3	0,8
	Milieu acide	1,6	1,4	8	2,6	0.4	1	2,4	0,4
Autres corps et conclusions		Bonne qualité.	Bonne qualité.	Mauvaise qualité.	Bonne qualité.	Eau excellente.	Fer en carbonate = 11. Bonne qualité.	Eau potable à la limite.	Eau excellente.

Ce dernier tableau donne, à côté de la composition minérale, la composition organique; ce rapprochement permet de voir que, d'une manière générale, les eaux de sources ou de nappes sont toutes plus ou moins potables.

La source n° 3 est franchement mauvaise. C'est un exemple de source ayant subi une souillure organique accidentelle ou constante, provenant des fissures du terrain traversé. L'on sait, en effet, que le calcaire souvent assez compact, ne peut être considéré comme un bon filtre à cause des grandes fissures qui ont fait comparer ses diverses couches à un mur formé d'énormes blocs de pierres sèches.

Existe-t-il des sources stériles?

Pasteur et Joubert ont montré que les eaux de sources pouvaient être stériles pourvu qu'on les prenne à leur sortie de terre, avant qu'elles n'aient été souillées par les matériaux du sol, le voisinage de l'homme ou les eaux superficielles.

Toutes les recherches faites depuis, par Libbertz à Francfort-sur-le-Mein, Freïmuth à Dantzig, Buchner à Giesing et à Brunthal, Furbringer à Iéna, Percy Frankland à Reigate, Egger à Mayence, Beunig à Kiel ont montré la très grande pureté et parfois la stérilité absolue des sources profondes.

Mais, pour qu'il en soit ainsi, il est nécessaire que ces eaux filtrent au travers de terrains à pores fins. Si ce sont des eaux provenant de calcaires, elles peuvent dissoudre, grâce à l'acide carbonique qu'elles renferment, une partie des parois des pores filtrants et arriver à en faire de véritables conduites. Les eaux provenant de ces terrains ne seront pas stériles.

On voit d'après cela, qu'il ne faudrait pas faire « eau de source », synonyme « d'eau pure » car les sources peuvent être souillées comme les eaux de surface, suivant le terrain au travers duquel a filtré la nappe qui leur donne naissance.

B. — *Eaux des puits.*

C'est aux nappes souterraines que les puits empruntent leurs eaux. Les nappes, bonnes avant le forage sont, la plupart du temps, souillées peu après. Le voisinage des maisons, des fermes, des terrains de culture et par suite des dépôts de fumier, font de presque tous les puits des causes de souillures pour la nappe où ils vont prendre l'eau. Si cette nappe est peu profonde et surtout si elle se trouve sous des alluvions, la souillure est presque immédiate. Dans nos campagnes, où les fumiers séjournent sur le sol, devant les fermes, où les eaux de purin ont tout le temps de pénétrer dans les couches profondes, les eaux de puits sont toujours plus ou moins mauvaises.

L'hygiène qui fait bien peu de progrès dans nos bourgades et hameaux, ayant à vaincre la séculaire routine, n'est pas encore parvenue à faire accepter par la majorité de nos habitants des campagnes, le besoin de protéger les puits ; aussi les eaux bues dans les villages sont-elles souvent détestables et toujours dangereuses pour le nouveau venu qui a le malheur de s'y alimenter. Lorsque dans de tels milieux une épidémie se déclare, elle fait toujours de nombreuses victimes.

Une autre cause de souillure, non moins grande, est le voisinage des fosses perdues qui, presque toujours, ne sont situées qu'à quelques mètres des puits d'alimentation, d'où infiltration plus ou moins rapide.

Ces eaux, bonnes à l'origine, sont ainsi peu à peu infectées par l'habitant qui rend insalubre une nappe primitivement potable.

La composition des eaux de puits est aussi variable que celles des nappes où ils s'alimentent. Elle n'offre rien de particulier tant que ces nappes ne sont pas souillées, mais dès qu'une souillure a lieu, l'on voit le chiffre des matières organiques grandir rapidement et souvent avec lui le nombre de germes.

Les puits les plus riches en germes seront ceux où les eaux séjournent ou se renouvellent lentement.

Heraeus a montré, en effet, que l'eau d'un puits qui n'avait pas servi depuis trente-six heures renfermait 5 000 germes par centimètre cube et qu'après une demi-heure de pompage on n'en trouvait plus que 35.

Des expériences semblables ont été faites par Maschek et Percy-Frankland, elles ont donné des résultats comparables.

Rubner a montré, d'un autre côté, que si l'on remue la vase qu'on trouve au fond de presque tous les puits, le nombre des germes dans l'eau de ces derniers augmente considérablement (de 1620 à 475.000 par centimètre cube) et qu'il faut environ un mois pour qu'il revienne à son taux normal.

Le tableau suivant montrera combien est variable la teneur en bactéries des eaux de puits.

TABLEAU IV

MICROORGANISMES PAR CENTIMÈTRE CUBE

Moyennes.

Usine à eau alimentée par des puits creusés au bord du Rhin	62
Eau du Rhin	20.680
Puits de la ville non loin du Rhin (moins de 50 mètres) de	80 à 178
Eau d'un ruisseau souillé par des déchets d'industrie	24.000
Puits public voisin de ce ruisseau	6.260
Autres puits de	628 à 1792
Deux puits excellents, bien faits et soignés (en ville) de	141 à 162
Puits desservant un groupe de maisons à fièvre typhoïde	3.320
Un autre dans le même cas	6.397
Un puits à Liebourg dans une cour à fièvre typhoïde	4.700

Les puits profonds qui atteignent les nappes profondes sont supérieurs aux puits ordinaires, ils ont environ

30 mètres de profondeur. La nappe où ils s'alimentent a été mieux filtrée que la nappe superficielle et de plus sa souillure est plus difficile parce que les puits qui y prennent l'eau sont toujours couverts et munis de pompes.

Les eaux de puits artésiens sont le plus souvent bonnes; elles possèdent presque toujours une température élevée, 28° au puits de Grenelle et 40° à celui de Rochefort.

Les eaux des puits ordinaires, au contraire, sont fraîches et cette qualité les fait souvent choisir par l'habitant pour l'alimention.

Pour conserver à l'eau d'un puits la valeur qu'elle possède à l'origine, il faut assurer, le plus largement possible, la protection de ce dernier en l'éloignant des habitations, élevant un mur suffisant autour de son orifice, imperméabilisant le sol autour de sa margelle et ne permettant son accès qu'avec des ustensiles rigoureusement propres, s'il n'y a pas de pompe; cette dernière serait cependant préférable.

Il est de toute nécessité que les animaux ne puissent parvenir jusqu'à lui, ce qu'il sera facile d'obtenir en fermant d'une façon quelconque le terrain environnant.

Afin d'éviter qu'au moment des pluies les eaux ne viennent s'infiltrer dans son voisinage, le puits sera toujours placé sur le point le plus élevé de l'endroit où il doit se trouver, en amont et jamais en aval des terrains de culture.

En agissant ainsi on ne souillerait pas la nappe où le puits s'alimente et l'on s'assurerait une eau le plus souvent potable. Malheureusement, faute de précautions, on ne trouve guère de puits donnant cette eau.

Il en existe cependant d'excellents, mais, de toutes les analyses d'eaux de puits que nous avons pu faire, aucune ne nous a donné d'excellents résultats. Le tableau V montrera combien est intense la souillure de certains d'entre eux.

TABLEAU V

PUITS	DEGRÉ HYDROTIMÉTRIQUE		AZOTATES	AZOTITES	AMMONIAQUE		OXYGÈNE		MATIÈRES ORGANIQUES en milligr. d'oxygène par litre.		GERMES par centimètre cube.	CONCLUSIONS
	Total.	Permanent.			Libre.	Albuminoïde.	1er jour.	15e jour.	milieu alcalin.	milieu acide.		
A Creusé dans alluvions, à 10 mètres de fosses fixes.	63	28	»	»	0.48	0.48	11	8	5	5,8	Nombre incalculable dès le 3e jour; le 4e, gélatine entièrement liquéfiée odeur fétide. Germes putrides et liquéfiants.	Eau mauvaise.
B Creusé dans alluvions, au milieu d'un jardin entouré de maisons.	»	»	130	3	»	»	10.4	»	3,6	3,4	»	Eau mauvaise. Matière organique en voie de transform.
C Creusé dans alluvions, près d'une caserne.	»	»	50	0	»	»	12,6	»	1,8	3	»	Eau probablement potable.
D Creusé dans éboulis calcaires à proximité d'habitations.	»	»	80	0	0,18	0,24	9,7	»	2.2	1,2	»	Eau mauvaise à cause de la grande quantité d'azote organique.
E Creusé dans alluvions, près d'habitation .	»	»	»	»	traces.	0,24	9.6	12	4,4	4.6	17.500 Bac. fluorescens liquefaciens.	Eau mauvaise.
F Creusé dans un jardin près de fosses fixes .	50	24	100	traces.	0.10	0,82	10	6	6,4	3,8	Gélatine entièrement liquéfiée dès le 2e jour.	Eau mauvaise.

EAUX SUPERFICIELLES

A. — *Eaux des cours d'eau.*

Les cours d'eau ont le plus souvent pour origine, des sources ; ils peuvent aussi provenir des glaciers. A leur origine, ces eaux sont tout aussi bonnes que les eaux de sources, mais en ruisselant à l'air libre, elles se souillent rapidement en dissolvant ou tenant en suspension les principes minéraux ou organiques qui se trouvent sur leur parcours ou que leur apportent les eaux de pluies, surtout après de violentes averses. A ce moment, en effet, une partie des eaux déversées sur le sol ruisselle avec plus ou moins de force et conduit aux cours d'eau des masses souvent considérables de matières minérales et organiques. C'est un fait constant d'observation qu'après de grandes pluies, les eaux des ruisseaux, rivières ou fleuves se troublent.

Les souillures apportées sont d'autant plus abondantes que les cours d'eau traversent plus de lieux habités, servent à plus d'industries. C'est ainsi, qu'à la sortie des villes, ils sont toujours bien plus souillés qu'à leur entrée ; ces souillures sont parfois telles qu'elles rendent ces eaux dangereuses. Elles ont trois grandes causes :

1° Le déversement des eaux de rues des villes, eaux ménagères, eaux pluviales, et une véritable quantité d'urine provenant des urinoirs publics ou privés ; ces eaux sont généralement portées aux fleuves par la canalisation souterraine.

2° La projection accidentelle ou systématique des matières de vidanges aux fleuves.

3° Le déversement des eaux industrielles.

Les industries les plus redoutables à cet égard sont les tanneries, les papeteries, les amidonneries et féculeries, les sucreries, les distilleries, les usines à engrais, l'industrie des tissus (laine, rouissage, teinturerie) les industries chimiques et métallurgiques (Arnould).

La température des cours d'eaux est variable, suivant les saisons ; elle est, en effet, fonction de la température extérieure; leur composition est plus variable encore. C'est ainsi qu'une eau de surface plus ou moins potable en temps normal, peut devenir détestable après une pluie qui suivra le fumage, par exemple. On a vu de ces eaux donner parfois, dans la même journée, des différences considérables, tant pour l'analyse chimique que pour l'examen bactériologique.

Leur composition minérale et organique est fonction des terrains sur lesquels elles circulent tout le long de leur parcours et varie par suite en ses divers points, c'est ce qui a permis à Pline d'écrire : « Tales sunt aquæ qualis est terra per quam fluunt ». Poggiale trouvait, en effet au même moment, pour l'eau de Seine, sur l'une des rives du fleuve $0^{gr},230$ de résidu fixe par litre , sur l'autre $0^{gr},296$. Cet exemple, qui a été confirmé par bien d'autres du même genre et qu'il serait trop long de rapporter ici, suffit pour montrer que, au même moment, l'eau d'un fleuve, peut varier de composition d'une rive à l'autre, à *fortiori*, cette composition variera en des points différents de son parcours.

Girardin a montré que ces eaux sont bleues tant qu'elles restent potables et deviennent vertes après souillure ; si cette dernière est très intense, elles peuvent même devenir grises, brunes ou noires.

La faune et la flore aquatique ne tardent pas, dans ces circonstances, à changer de caractères. Les poissons, les batraciens, les mollusques, disparaissent successivement et font place aux infusoires. Le cresson de fontaine, les épis d'eau, les véroniques, qui ne poussent que dans de bonnes eaux, cèdent aux premiers degrés de souillure. Les roseaux, patiences, ciguës, menthes, salicaires, joncs, nénuphars, s'accommodent encore d'eaux médiocres. L'arundo phragmites est la plus robuste des aquatiques et persiste la dernière. Puis, il n'y a plus que les algues

vertes, bleues, brunes : confervacées, characées, phycocromacées, diatomées; enfin, les algues sans chlorophylle ni phycochrome : leptotrichées, cladotrichées, beggiatoées et les bactéries (Arnould).

Le beggiatoa roseo-persicina ne vit que de matières organiques en putréfaction; sa présence dans une eau peut donc en faire prévoir son degré de souillure.

Les germes existent toujours dans toutes les eaux et nous avons vu que les sources même en étaient rarement exemptes. Nous les retrouvons, en plus ou moins grande quantité, dans les cours d'eaux. Mais, ici, nous avons affaire à des eaux superficielles qui se souillent constamment, dont la température varie avec celle de l'air extérieur, nous devons donc nous attendre à trouver de grandes différences dans leur composition microbienne, c'est ce que l'expérience vérifie.

De nombreux travaux ont été faits dans ce sens, les plus concluants sont ceux de Miquel à Paris, sur la Marne et la Seine, de Percy-Frankland à Londres sur la Tamise et la Léa. Ces savants ont montré que les saisons ont une grande influence sur la composition bactériologique des cours d'eaux, qu'ils ont trouvé moins souillés au printemps et en été, qu'en hiver et en automne.

Ce fait s'explique quand on songe qu'au printemps et en été les rivières s'alimentent surtout aux sources et à la nappe des puits, tandis qu'en automne et en hiver les eaux de ruissellement, tout en augmentant leur volume, y apportent des masses considérables de souillures. D'autre part, l'influence purificatrice de la lumière solaire est plus active en été qu'en hiver comme nous le verrons plus loin (Purification naturelle).

Les agglomérations humaines, grandes ou petites, apportent aussi des souillures microbiennes aux cours d'eaux dans lesquels ils envoient le plus souvent leurs résidus.

Les germes apportés à l'eau seront donc tous ceux, pathogènes ou non, qui se trouvent dans le sol. Nous

verrons, dans la 4e partie de cet ouvrage, comment ils s'y comportent.

Les eaux ainsi souillées tendent néanmoins à reprendre leur pureté première et y arrivent :

1° Par la dilution des impuretés dans la masse croissante de l'eau due aux affluents visibles ou invisibles.

2° Par la précipitation des matières que favorise le frottement sur le fond et les bords de la rivière.

3° Par l'action solaire.

4° Par l'oxydation due à l'oxygène de l'air.

A mesure que cette oxydation se prononce, il reste de plus en plus d'oxygène libre dans l'eau.

Le dosage de cet élément est donc d'une grande importance.

D'une manière générale et malgré cette autopurification, les eaux des cours d'eaux ne doivent pas servir à l'alimentation.

Dans les cas particuliers où il sera nécessaire de les utiliser pour cet usage, il faudra toujours leur faire subir une épuration.

Bien des villes s'alimentent encore aux eaux des fleuves et rivières qui les traversent mais toujours après leur avoir fait subir une épuration préalable.

Les unes creusent le long des fleuves des galeries filtrantes dans lesquelles arrivent les eaux des cours d'eaux après avoir filtré à travers des couches de 15 à 20 mètres de matériaux plus ou moins poreux. Ces galeries reçoivent souvent, outre les eaux des cours d'eaux, celles des nappes souterraines. D'autres se servent de bassins de décantation et de filtres à sables, d'autres utilisent le procédé Anderson : turbinage de l'eau dans de grands cylindres avec des débris de fer, puis filtration sur des bassins de sable ; d'autres, enfin, purifient leur eau par l'ozone ou le peroxyde de chlore.

Nous reviendrons, dans la 5e partie de cette étude, sur cette importante question.

B. — *Eaux stagnantes.*

Cette classe comprend : les lacs, les étangs, les marais et les mares. Ces eaux, sauf celles des lacs, sont toutes médiocres ou mauvaises.

Les eaux des lacs peuvent avoir plusieurs origines ; elles peuvent provenir :

1° Des eaux météoriques qui tombant dans une cuvette imperméable, se collectent et forment ainsi parfois de grands lacs ; tel est celui de Gerardmer dans les Vosges. Les eaux des lacs ainsi formés posséderont, en général, les qualités des eaux météoriques, c'est-à-dire seront assez pures et peu minéralisées.

2° Des eaux souterraines qui reviennent au jour dans une cuvette imperméable ou s'épanchent dans elle. Ces eaux posséderont les qualités des eaux de nappes, c'est-à-dire pourront avoir une composition variable, suivant les terrains qu'elles auront traversés en s'infiltrant dans le sol.

3° Le lac peut n'être que l'évasement du lit d'un fleuve, comme semble l'être celui de Genève par rapport au Rhône. Dans ce cas les eaux du lac seront supérieures à celles du fleuve, pouvant s'épurer par le repos.

D'une façon générale, toutes les eaux des lacs s'épurent par le repos comme l'ont montré Fol et Dunant, Plagge et Proskauer, Karlinski, Cramer et Percy Frankland.

Les eaux des lacs toujours en contact sur les bords avec la terre, sont moins pures, en cet endroit, qu'au milieu des lacs même. C'est ainsi que Fol et Dunant ont trouvé 150.000 bactéries par centimètre cube dans l'eau des bords du lac de Genève alors qu'ils n'en trouvaient que 38 dans celle du milieu du lac.

Karlinski s'est livré sur le lac de Barke à des recherches sur le nombre de bactéries des eaux de lacs, suivant la profondeur. Il a trouvé que le nombre des bactéries décroissait avec la profondeur mais augmentait rapidement quand on arrivait au fond vaseux.

De notre côté, dans des expériences récentes nous avons montré que :

1° Lorsque l'on conserve des eaux, leur matière organique diminue en donnant naissance soit à des azotates, soit à de l'ammoniaque fournie par l'azote des amides et des albuminoïdes ; la matière organique qui disparaît la première est celle dosable au permanganate de potasse en milieu alcalin ; celle dosable en milieu acide étant peu ou point touchée.

2° Leur oxygène diminue progressivement.

3° Les couches supérieures des eaux conservées sont notablement moins souillées que celles du tiers inférieur de ces eaux.

4° Les eaux relativement pures ou peu contaminées se conservent bien, tandis que les eaux notablement souillées se putréfient.

Ces expériences montrent donc que par le repos, les eaux se débarrassent des souillures organiques comme des souillures microbiennes et que, par suite, l'eau des lacs profonds doit être presque pure sur les deux premiers tiers de sa profondeur.

Une autre cause d'épuration des lacs est l'action de la lumière.

Les eaux des lacs pourront donc servir à l'alimentation si leur altitude les préservent des souillures pouvant provenir du voisinage de l'homme.

Il n'en sera jamais de même des eaux des étangs, marais et mares qui, non seulement mauvaises, mais souvent dangereuses, seront toujours bannies de l'alimentation.

Ces eaux, en effet, sont le plus souvent sans profondeur et croupissent au soleil dans des espaces généralement resserrés, où fermentent des boues infectes et où se putréfient toute espèce de matières organiques. Ces eaux sont jaunâtres et dégagent une odeur plus ou moins repoussante suivant leur degré d'altération. Leur teneur en

matières organiques est énorme et leur richesse microbienne vraiment considérable.

Si des nécessités imprévues, comme le manque absolu d'eau potable, ce qui se rencontre surtout pendant les expéditions coloniales, obligeait d'avoir recours à de pareilles eaux, il faudrait les épurer avec grand soin avant d'en faire usage et pour cela employer un des procédés qui seront indiqués plus loin (5e partie). Agir autrement serait s'exposer à contracter des maladies graves et tout au moins la dysenterie qui, dans les pays chauds, est assez fréquente et toujours redoutable.

EAU DE MER

L'eau de mer, à cause même de sa nature, devrait être classée à part. Telle qu'elle est, elle ne saurait être utilisée pour la boisson ; elle est simplement employée à fournir l'eau distillée qui sert à alimenter les navires.

Sa composition est essentiellement variable d'une mer à l'autre. Ce qui domine surtout dans toutes ces eaux, c'est la grande quantité de chlorure de sodium. A côté de ce sel on trouve des chlorures, sulfates et carbonates de chaux et de magnésie, du sulfate de soude et de petites quantités de bromures et d'iodures alcalins.

Leur souillure microbienne varie aussi beaucoup des côtes au large et de la surface au fond. De Giaxa a trouvé dans les eaux du golfe de Naples prises près de Chiatone, 298 000 germes par centimètre cube, alors qu'il n'en trouvait que 10, à 3 kilomètres du rivage. Russel de son côté a montré, par plusieurs expériences, qu'en pleine mer, à la surface comme en profondeur, le nombre des bactéries était toujours très faible, mais que ce nombre ne diminuait pas régulièrement avec la distance à la côte.

De nombreux savants se sont occupés de rechercher si les germes pathogènes peuvent vivre dans l'eau de mer. Ils ont opéré le plus souvent sur l'eau de mer stérilisée,

se plaçant ainsi dans des conditions autres que celles de la nature, aussi est-il impossible de tirer une conclusion pratique de leurs résultats.

La vitalité des germes pathogènes dans l'eau de mer qui ne sert à l'alimentation qu'après distillation, nous intéresse peu ; c'est surtout pour des eaux douces que cette question est capitale. Elle sera étudiée dans la 3e partie de cet ouvrage.

En résumé, de toutes les eaux dont dispose l'homme, deux seront principalement recherchées pour l'alimentation : celle des sources et celle des nappes profondes.

A défaut de ces deux sortes d'eaux on aura recours à l'eau de pluie collectée et conservée comme nous l'avons indiqué, à celle des ruisseaux, des rivières ou des fleuves, qui devront toujours, avant d'être livrées à l'alimentation, subir une épuration.

Les eaux stagnantes, les eaux de puits s'ils sont contaminés ou mal protégés, seront toujours systématiquement écartées.

L'épidémiologie montre combien il est dangereux d'agir autrement. Les nombreuses épidémies d'origine hydrique, toujours redoutables, ne pourront être écartées que si l'alimentation en eau potable est assurée. Les départements et les villes font de grands sacrifices pour doter leurs habitants d'eau irréprochable et les bons résultats se font déjà sentir. Il faut faire plus encore, surtout dans nos campagnes où cette question paraît faire bien peu de progrès.

CHAPITRE IV

EAUX MINÉRALES

On appelle eaux minérales, des eaux auxquelles leur composition communiquent des propriétés médicamenteuses (Prunier).

Ces eaux n'étant pas couramment employées pour l'alimentation, nous n'en parlerons que brièvement. Nous ne pouvions pas les passer entièrement sous silence à cause de leur importance médicale ; certaines d'entre elles servent en outre couramment comme eaux de table (Saint-Galmier, Vic-sur-Lire, Saint-Julien, etc.).

Ces diverses eaux proviennent de l'action dissolvante de l'eau sur les diverses couches du sol qu'elle traverse, action qui est souvent aidée par la température et la pression.

Beaucoup d'eaux minérales proviennent des nappes artésiennes qu'une faille géologique ramène à la surface. Telles sont les eaux minérales de la vallée de Saratoga (New-York).

Le nombre des eaux minérales est considérable ; il y en a de parfaitement étudiées, mais il en est aussi beaucoup, surtout en Algérie, qui sont peu ou point connues, qui se perdent même.

Les eaux minérales sont dites thermales si leur température est constamment supérieure à 25° ou 30°, et froides dans le cas contraire.

A. Gauthier a divisé les eaux minérales en sept classes.

1° Les eaux acidules ou carboniques, caractérisées par un excès d'acide carbonique et une faible proportion de carbonates.

On les divise en :

Eaux acidules alcalines : Seltz, Pougues, Vals Saint-Jean.

Eaux acidules calcaires : Saint-Galmier, Condillac.

— — ferrugineuses : Bussang, Spa.

— — siliciques : Mont-Dore.

2° Les eaux alcalines caractérisées par une forte proportion de sels de soude alcalins. Certaines de ces eaux sont thermales, d'autres renferment de la lithine. L'élément principal est le bicarbonate de soude.

On les divise en :

Eaux alcalines fortes : Vichy, Vals (4 à 10 grammes de bicarbonate de soude).

Eaux alcalines faibles : Royat, Néris, Vals (moins de 4 grammes de bicarbonate).

Eaux alcalines silicatées : Plombières, Mont-Dore.

— — chlorosodiques : Royat, Châtel-Guyon.

3° Les eaux chlorurées caractérisées par leur teneur en chlorure de sodium et leur saveur salée.

Elles renferment :

Les eaux chlorurées chaudes : Bourbonne, Baden, Luxeuil.

Les eaux chlorurées froides : Salies-de-Béarn, Dax, Niederbronn.

Les eaux chlorosulfatées : Carlsbad et Marienbad.

— chlorolithinées : Santenay.

— chlorocarbonatées : Châtel-Guyon.

Si l'on pouvait considérer l'eau de mer comme une eau minérale, c'est dans la classe des eaux chlorurées qu'il faudrait l'inscrire.

4° Les eaux bromurées et iodurées caractérisées par une quantité très sensible de bormure et d'iodures alcalins.

Telles sont :

Les eaux bromurées : Kissingen, Salins.

— bromoiodurées : Heilbronn, Tœplitz, Saxon.

5° Les eaux sulfatées. Ces eaux, caractérisées par une

grande quantité de sulfates, sont plus ou moins purgatives.

On les divise en :

Eaux sulfatées sodiques : Carlsbad, Carabanâ.

— — magnésiennes : Epsom, Sedlitz, Pullna, Hunjadi-Janos.

Eaux sulfatées calciques : Contréxéville, Martigny.

6° Les eaux phosphatées caractérisées par une teneur en phosphates de 20 centigrammes environ par litre : Eau de Viry-Chatillon (Seine-et-Oise).

7° Les eaux arsenicales qui contiennent environ 2 à 3 milligrammes d'arsenic par litre.

La plus remarquable de ces eaux est celle de la Bourboule (source Perrière) qui d'après Wilm renfermerait jusqu'à 15 milligrammes d'arsenic par litre.

8° Les eaux sulfureuses caractérisées par la présence des sulfures ou de l'hydrogène sulfuré.

Cette classe comprend :

Les eaux sulfureuses proprement dites : Cauterets, Barège (0,02 à 0,08 de monosulfure de sodium).

Les eaux sulfhydriquées : Aix-en-Savoie, Vernet (présence d'hydrogène sulfuré).

Les eaux chlorosulfatées : Ariège, Aix-la-Chapelle.

Les eaux sulfureuses accidentelles : Enghien, Saint-Amand (devenues sulfureuses par réduction des sulfates).

9° Les eaux ferrugineuses qui renferment au moins 50 milligrammes par litre d'un sel de fer (sulfate, bicarbonate ou crénate)

On les subdivise en :

Eaux ferrugineuses carbonatées : Spa, Orezza, Lamalou.

Eaux ferrugineuses crénatées : Forges, Bussang.

— — sulfatées : Pany, Cransac.

Toutes ces eaux demandent à être bien embouteillées et conservées avec soin.

Fazio a recherché, en opérant sur plusieurs espèces

d'eaux minérales, si elles renfermaient des germes : il en a très peu trouvé : de 2 à 50 par centimètre cube, même lorsque l'eau était prise à plusieurs mètres du griffon.

A côté des eaux minérales naturelles, le commerce prépare des eaux minérales artificielles dont la plus répandue est l'eau acidulée gazeuse de Seltz que l'on trouve aujourd'hui sur toutes les tables.

La préparation des eaux minérales artificielles doit être l'objet d'une réglementation sévère afin d'éviter les substitutions d'eaux artificielles aux eaux naturelles et l'emploi d'eaux souillées ou simplement douteuses comme bases de ces préparations.

Il faudra, le plus souvent, préférer les eaux naturelles aux eaux artificielles ; elles sont presque toujours plus efficaces que ces dernières, surtout si elles sont prises à la source.

CHAPITRE V

SOUILLURES DE L'EAU

Nous avons déjà vu que la composition des eaux variait vec celle des terrains traversés. Si un terrain étant donné, ien ne venait agir sur lui, l'eau qui traverserait ce terrain, ans un même temps, aurait toujours la même composiion ; il n'en est malheureusement pas ainsi. La composiion des nappes est sujette à bien des variations ; mais ans des conditions nettement déterminées, il n'est pas npossible, cependant, d'obtenir pour chaque élément des hiffres assez rapprochés et l'on peut se figurer une eau ormale pour chaque couche géologique. Cette eau noriale renfermerait une certaine quantité de sels solubles ou lubilisés par elle, des terrains qu'elle a traversés.

La connaissance de cette eau est d'une grande imporınce en hygiène ; sans elle on ne saurait se prononcer ırement sur la valeur de l'analyse de l'eau.

L'important n'est pas, en effet, de savoir si une eau renrme telle ou telle substance mais bien de connaître sa ovenance et si elle n'indique pas une souillure dangeuse. Des chlorures dans une eau ayant traversé un banc lifère seront d'une importance moindre que s'ils proveient d'une eau souillée par l'urine par exemple. En conissant la composition de l'eau normale d'un terrain, ous saurons de suite si une autre eau sortant de ce même rrain est souillée ou non souillée, tandis que sans la conissance de l'eau normale, nos conclusions devront forıler une certaine réserve.

Il va sans dire que la composition ne nous renseignera

que sur la valeur des éléments minéraux qui pourront suivant le cas et leur quantité, être considérés comm éléments normaux ou anormaux.

L'on comprend aisément qu'il y ait de ces élément minéraux qui, normaux dans un terrain, soient regardé comme des preuves de souillures dans un autre; mais côté de ces éléments, il existe aussi, dans certaines eau des substances diverses que l'on doit toujours considére comme des impuretés. Ces souillures pourront être an males, végétales, microbiennes et, comme nous venons d le voir, parfois minérales.

La composition de l'eau d'une nappe sera d'autant pl constante et plus pure que cette nappe sera plus profon et mieux filtrée.

Les eaux terrestres provenant de la condensation d vapeurs de l'atmosphère et de leur précipitation sur sol, doivent contenir toutes les souillures de l'air et d sol, il est donc nécessaire d'étudier ici sommairement c souillures; nous verrons ensuite comment la lumièr l'air et les divers terrains favorisent l'épuration des ea après avoir été leur cause manifeste de contamination.

A. — *Souillures de l'air.*

L'air renferme toujours, à côté de l'oxygène, de l'azot de l'argon et de l'hélium qui le constituent :

1° D'autres gaz, tels que l'acide carbonique, la vape d'eau, l'ammoniaque, les acides nitreux et nitriques.

2° Des poussières qui sont constituées par des débi végétaux et animaux.

3° Des germes et des spores.

Ces impuretés de l'air ne sont pas uniformément répa ties dans toute l'atmosphère, elles sont plus ou moins i tenses suivant que l'on s'approche ou que l'on s'éloigne leur lieu de production, mais elles existent partout. L grands courants qui brassent continuellement l'atmosph

ndent à en faire un tout homogène; cependant, l'air varie
core dans sa composition suivant qu'on le prend près
s lieux habités ou en pleine campagne, près des usines
loin d'elles, sur le bord de la mer ou sur les hautes
ntagnes.

Comme l'eau, l'air sera d'autant plus pur qu'il sera plus
oigné des souillures apportées par l'homme, soit direc-
nent, soit par ses usines, mais il ne sera jamais tout à
t pur à cause des grands courants qui le brassent et des
ussières provenant de la désagrégation des roches ou
s parties plus ou moins ténues des végétaux et des
rmes. Les usines, en effet, déversent constamment dans
ir des torrents de gaz et de vapeurs diverses, entraînant
ec elles de nombreuses particules solides que le vent va
nsporter au loin.

Les saisons auront aussi une grande influence sur les
illures de l'air. Miquel a montré que les germes de
ir sont, en général, moins nombreux en automne et en
ver qu'au printemps et en été. Ces faits s'expliquent
ément si l'on pense qu'en automne et en hiver, les
ies étant plus fréquentes qu'au printemps et surtout
été, l'air sera lavé par elle et, par suite, renfermera
ins de germes.

Ce savant a montré que l'air du parc de Montsouris
fermait beaucoup moins de germes que celui de l'hô-
de ville de Paris, et que ce dernier en renfermait
ablement moins que celui des salles d'hôpital. A cela,
llait s'attendre ; tous ces résultats, en effet, s'expliquent
ux-mêmes, nous n'insisterons pas.

Les grandes divergences consignées par Miquel peuvent
diminuées par la ventilation, mais il ne faut pas se
e d'illusion sur ses effets. Si les grands vents brassent
tes les poussières, il n'en est pas de même des cou-
ts d'air mille fois coupés des villes et des habitations
souvent ne font qu'en changer l'air tout en respectant
poussières et les germes déposés partout.

L'altitude a aussi une grande influence sur le nombre des germes de l'air. Pasteur a, en effet, montré que le nombre des germes décroissait dans l'air à mesure qu'on s'élève sur les montagnes, mais ici, le sol suivait l'expérimentateur.

Christiani a étudié l'air pendant une ascension en ballon à Genève. Il a trouvé, à 550 mètres, 3.400 colonies ; à 700 mètres, 0 ; à 900 mètres, 1.300 ; à 1.000 mètres, 4.900 ; à 1.100 mètres, 100 ; à 1.350 mètres, 0 ; à 1.700 mètres, 0.

Ces résultats nous montrent que l'air, comme le sol, est formé de couches successives, inégalement chargées en germes, mais, qu'à partir d'une certaine hauteur l'air devient d'autant plus pur qu'on s'élève davantage.

Toutes les expériences entreprises par les savants montrent que l'air est infiniment moins peuplé que le sol.

Toutes les particules solides et les germes que l'air charrie constamment obéissent aussi aux lois de la pesanteur et tendent à tomber sur le sol. On a un exemple de ce phénomène dans les appartements où le plumeau soulève trop souvent encore des tourbillons de poussière qui, tout en étant en partie entraînés par les courants d'air établis, se déposent encore en partie sur tous les meubles, les murs et les planchers.

On aura encore un exemple de ce fait les jours de grands vents succédant à la sécheresse ; les poussières des routes sont alors soulevées avec grande force et entraînées au loin. Une partie très peu dense soulevée à de grandes hauteurs va mettre longtemps à revenir au sol, mais la majeure partie va retomber en peu de temps sur des points souvent très éloignés de celui où elles ont été enlevées. Il faut avoir vu un jour de sirocco, dans le sud de l'Algérie, pour se faire une idée exacte de la ténuité et de la quantité des poussières soulevées par le vent, de même que du trajet vraiment considérable qu'elles font avant de revenir au sol, couvrant tout sur leur passage.

C'est pour cela que l'air prélevé au-dessus de la mer est d'autant plus pur qu'il est pris plus loin des côtes.

L'on comprend aisément maintenant que lorsque les vapeurs d'eau contenues dans l'air et provenant de l'évaporation à la surface du sol et des mers, se condensent, elles entraîneront avec elles, vers le sol, la majeure partie des poussières et des germes de l'air, même une certaine quantité des gaz qui y ont été mélangés : ammoniaque, acides nitreux et nitrique.

Les savants qui se sont occupés de chimie agricole : Berthelot, Schlœsing, Müntz, Deherain, ont montré combien était grandes les quantités d'ammoniaque et d'acide azotique que les pluies apportent au sol et le rôle qu'elles jouent dans l'alimentation des végétaux. Nous ne saurions entrer ici dans ces détails qui nous éloigneraient trop de notre sujet.

De toutes les impuretés que l'air renferme et que l'eau peut entraîner, les unes seront indifférentes, d'autres toxiques et d'autres enfin infectieuses.

Maintenant que nous connaissons les impuretés que l'eau peut emprunter à l'air, voyons quelles sont celles qu'elle va trouver sur et dans le sol.

B. — *Souillures du sol.*

Nous pouvons prévoir déjà que l'eau trouvera dans le sol :

1° Des souillures semblables à celles qui lui viennent de l'air et qui ont été plus ou moins empruntées au sol ;

2° Celles provenant de la dispersion à la surface du sol de tous les déchets de la vie : eaux ménagères, ordures, déjections de l'homme et des animaux ;

3° Celles provenant d'infiltrations, le plus souvent dues aux fosses perdues et aux infiltrations superficielles ;

4° Celles qui proviennent d'infiltrations systématique-

ment voulues, d'irrigation à l'eau d'égout ou aux eaux industrielles, dispersion des urines et des purins.

Nous n'entrerons pas ici dans l'étude détaillée du mécanisme de la pénétration des impuretés dans le sol, mais nous ferons remarquer que d'après les nombreux travaux faits sur cette importante question, il faut un temps très grand pour qu'une impureté passe de la surface dans le sol et atteigne la nappe souterraine, même si cette nappe est peu profonde.

Ce serait une erreur de croire que l'eau, qui arrive sur le sol, dissout et entraîne immédiatement jusqu'à la nappe les impuretés de la surface en se mélangeant à l'eau que le sol renferme déjà ; il n'en est pas du tout ainsi :

Les différentes couches de liquide que l'on confie à un terrain filtrant ne se mélangent pas mais se succèdent, et c'est pour cela qu'il faut parfois très longtemps pour qu'une souillure de la surface pénètre jusqu'à la nappe. Cela résulte de nombreuses expériences entreprises par bien des savants : lorsqu'une terre est saturée d'humidité, si l'on verse à sa surface une goutte d'eau, elle ne laissera échapper à sa base qu'une seule goutte d'eau, d'un volume égal à la première.

Ces phénomènes de pénétration de l'eau dans le sol sont, pour un terrain déterminé, fonction du mouillage, de la capillarité, de sa capacité pour l'eau, et de son pouvoir absorbant que Duclaux appelle, avec beaucoup plus de raison, pouvoir sélectif.

Le sol absorbe, en effet, fixe une partie des matériaux que l'eau tend à entraîner de sa surface vers ses couches profondes et c'est ainsi que commence par se faire l'épuration de l'eau qui filtre.

Mais, toutes les substances ne sont pas ainsi absorbées, fixées, et l'épuration se fait encore par la transformation des matières organiques dans le sol.

Cette destruction des matières organiques dans le sol est le fait d'une combustion lente : l'azote organique et

l'ammoniaque donnent des acides nitreux et nitriques, le carbone de l'acide carbonique et l'hydrogène peut-être de l'eau.

Les savants ont longtemps discuté sur l'oxydation des matières organiques dans le sol. Tandis que Schlœsing et Muntz, Warington, Hehner, Vollny, Fodor, Soyka, Hulwa, Emich, Landolt et J. Uffelmann l'attribuent à une fonction vitale, c'est-à-dire à l'action de microorganismes déterminés, Hoppe-Seyler, Fleck et Franck prétendent que la nitrification se fait sans organismes, sous l'action des forces physico-chimiques.

Aujourd'hui le fait fondamental paraît hors de doute ; l'oxydation des matières organiques dans le sol est bien due à l'influence de microorganismes.

Heraeus pensait que plusieurs saprophytes et même des bactéries pathogènes contribuaient au phénomène, mais Winogradsky a isolé les nitrobactéries ou ferments de la nitrification.

M[me] et M. Frankland ont supposé que la fermentation nitreuse qui précède la fermentation nitrique est due à une bactérie différente et plus active que les « nitrobactéries ». Warington pense que les deux phénomènes sont dus aux mêmes germes.

Les nitrobactéries tout en rendant libre le carbone des carbonates ne détruisent pas sensiblement la matière organique morte, il faut donc supposer que les autres transformations sont dues à des saprophytes qui peuvent être aussi des ferments puisqu'ils transforment une matière complexe en matière plus simple.

La nitrification par le sol ne se fait bien que si ses pores sont fins, s'il est alcalin, et si les souillures qu'on lui cède ne lui sont fournies que par intermittence.

Le sol renferme aussi un grand nombre de germes, on pourrait presque dire tous les germes. Ils y vivent peu ou pas ; c'est là un des grands problèmes que la bactériologie doit résoudre.

Nous avons vu que les microbes étaient les agents de la transformation des matières organiques; plus cette dernière sera abondante, plus ils seront en grand nombre et plus ils seront variés.

Leur distribution dans le sol a été étudiée par bien des savants mais surtout par Fraënkel. Les résultats de leurs travaux montrent :

1° Que la richesse microbienne du sol va en décroissant à mesure que l'on s'enfonce, mais que cette décroissance est irrégulière ;

2° Qu'à quelques mois de distance la même couche peut être peuplée ou stérile ;

3° Que les saisons ont une influence sur la distribution des germes à la surface qui subit les fluctuations de température, mais non dans les couches profondes qui sont de température presque constante ;

4° Les différences sont minimes et varient de un à trois entre les sols vierges et les sols cultivés quelle que soit la culture.

Les microbes de la surface, comme les matières organiques ont des tendances à être entraînés dans le sol, par l'eau, mais les mêmes causes : mouillage, capillarité, pouvoir sélectif du sol retiennent, dans les couches voisines de la surface, les matières organiques et les germes.

L'eau se souille donc, dans les couches superficielles du sol, pour s'épurer en pénétrant ensuite dans sa profondeur.

C. — *Souillures de l'eau.*

Connaissant maintenant les souillures de l'air et du sol, nous comprendrons mieux comment l'eau peut être souillée. En lavant l'atmosphère, elle lui enlève toutes ses impuretés ; en arrivant au sol elle le débarrasse d'une partie de ses souillures superficielles qu'elle entraîne dans les premières couches géologiques mais qu'elle ne peut que bien difficilement amener jusqu'à la nappe souterraine.

Les souillures de l'eau comprendront donc, non seulement les poussières et les germes de l'air, mais aussi les matières organiques et les germes du sol, plus les produits intermédiaires provenant de la nitrification des matières organiques dans le sol.

On comprend maintenant ce que nous disions au début de ce chapitre, que, sans pouvoir formuler de règle absolue, il y aura des substances minérales qui pourront être, tour à tour, considérées comme des éléments normaux ou des produits provenant de la nitrification des matières organiques par le sol.

Cela prouve, une fois de plus, que tout se tient dans l'analyse de l'eau, qu'un chiffre ne prouve rien, qu'il faut toujours en faire une analyse complète.

En résumé, les souillures de l'eau pourront être minérales, végétales et microbiennes ou animales, car l'eau renferme parfois des infusoires ou animaux inférieurs.

Il est donc nécessaire, pour l'hygiéniste, de connaître les procédés qui permettront non seulement de déceler ses souillures, mais aussi d'en déterminer l'origine, et, par suite, la valeur sanitaire de l'eau. C'est là le but de son analyse.

CHAPITRE VI

ANALYSE DE L'EAU

Il n'y a qu'une seule analyse de l'eau et non plusieurs comme on semble trop le croire aujourd'hui. Cette analyse doit faire connaître la qualité et la quantité de toutes les substances et de tous les germes que l'on est susceptible de rencontrer dans l'eau.

Lorsque l'on commet deux experts pour une analyse d'eau, l'un chimiste, l'autre bactériologiste et que les deux experts ne travaillent pas ensemble, ils ne peuvent apporter, le plus souvent, ni l'un ni l'autre des conclusions fermes ne prêtant pas à l'ambiguité. Une partie des résultats nécessaires pour établir ces conclusions sont acquis au chimiste, une autre partie au bactériologiste ; ils sont donc l'un et l'autre dans l'impossibilité matérielle de fournir un avis définitif, ne possédant pas les éléments nécessaires pour l'édifier ; ils sont ainsi amenés à conclure sur une partie d'analyse et non sur une analyse complète, de là parfois des contradictions qui ne sont en fait qu'apparentes. Il n'y a pas lieu de s'étonner lorsque les deux analyses chimiques et bactériologiques donnent des résultats différents puisqu'elles ne sont que les *parties différentes* d'une même analyse, celle de l'eau soumise à l'expertise.

Il suffit de s'être occupé de cette importante question, sans idée préconçue, sans parti pris, pour se rendre compte que les diverses parties de l'analyse de l'eau s'éclairent et se complètent l'une l'autre.

L'analyse de l'eau ayant à s'occuper de tout ce qu'elle

peut renfermer, nous la diviserons, pour plus de clarté, en plusieurs parties, toutes aussi importantes les unes que les autres :

ANALYSE DE L'EAU

I. Analyse chimique.	1° Essais préliminaires.
	2° Analyse pondérale.
	A. Hydrotimétrie.
	B. Dosage des gaz.
	C. Dosage des éléments minéraux.
	D. Dosage des matières organiques et de leur produit de transformation dans le sol.
II. Examen microscopique.	1° Matières minérales.
	2° Matières végétales.
	3° Matières animales.
III. Examen bactériologique.	1° Numération des germes.
	2° Recherche des germes pathogènes.

L'analyse de l'eau ainsi faite sera complète et permettra de se prononcer assez sûrement sur la valeur de l'échantillon soumis à l'expertise ; mais, si l'on désire étudier une nappe, une source, un puits ou une eau de surface, il faudra en faire plusieurs analyses complètes, à différents moments de l'année, aux époques de pluie et de sécheresse, par exemple.

Il peut se faire que l'on ait besoin d'avoir rapidement une idée de la valeur approximative d'une eau quelconque; on fera alors quelques essais qualitatifs que nous décrirons, mais sur lesquels on aurait grand tort de se baser pour juger définitivement une eau.

Si nous insistons sur ce point, c'est que dans bien des travaux qui ont été publiés sur l'eau, nous avons vu généraliser des conclusions qui ne devaient s'appliquer qu'à des cas très particuliers, conclusions qui pouvaient induire en erreur les chercheurs peu habitués aux procédés délicats qui constituent, comme nous allons le voir, l'analyse de l'eau.

Les résultats de cette analyse ont encore donné lieu aux

interprétations les plus diverses, les unes trop larges, les autres incontestablement trop sévères; nous verrons que là encore, comme partout du reste, un juste milieu sera probablement la vérité.

Avant d'aborder l'analyse de l'eau, voyons quelles sont les qualités que doit posséder une eau pour être potable et pure. Je sépare à dessein ces deux qualités de l'eau, la potabilité et la pureté qui sont trop souvent confondues.

Le congrès international pharmaceutique de Bruxelles, en 1885, a déterminé ainsi qu'il suit les caractères que doit présenter une eau pour être potable :

1° Elle doit être limpide, transparente, incolore, sans odeur et complètement exempte de matières en suspension.

2° Elle doit être fraîche et d'une saveur agréable ; sa température ne doit pas varier sensiblement et dépasser 15°.

3° Elle doit être aérée et tenir en dissolution une certaine quantité d'acide carbonique ; il faut, en outre, que l'air qu'elle renferme contienne plus d'oxygène que l'air atmosphérique.

4° La quantité de matières organiques, évaluée en acide oxalique, ne doit pas dépasser plus de 20 milligrammes par litre.

5° Elle ne doit pas contenir plus de 5/10 de milligramme d'ammoniaque par litre.

6° La matière organique azotée, brûlée par une solution alcaline de permanganate de potasse, ne doit pas fournir plus de $0^{mgr},1$ d'azote albuminoïde par litre d'eau.

7° Un litre d'eau ne doit pas contenir plus de $0^{gr},500$ de sels minéraux.

8° L'eau potable ne doit renfermer ni nitrite, ni hydrogène sulfuré, ni sulfures, ni sels métalliques précipitables par l'hydrogène sulfuré ou le sulfhydrate d'ammoniaque,

à l'exception de traces de fer, d'aluminium ou de manganèse.

9° Elle ne doit pas acquérir une odeur désagréable. après avoir séjourné pendant quelque temps, dans un vase ouvert ou fermé.

10° Elle ne doit renfermer ni saprophytes, ni leptotrix, ni leptomites, ni hyphéotrix et autres algues blanches, ni infusoires, ni bactéries et particulièrement aucun de ces êtres en décomposition.

11° L'addition de sucre blanc ne doit pas y développer de fungus.

12° Cultivée avec de la gélatine, elle ne doit pas produire d'innombrables bactéries liquéfiant cette gélatine en moins de huit jours (in Villiers et Collin).

Une eau est pure lorsqu'elle est dépourvue de germes.

On voit par là que pour être potable, une eau doit être pure ; mais qu'une eau peut être pure sans être potable.

Les divers chiffres admis pour mesurer la valeur d'une eau diffèrent, comme nous l'avons déjà dit ; le tableau suivant fera connaître les plus usités.

Il en est de même pour l'analyse bactériologique.

C'est ainsi que Miquel, par exemple, classe les eaux, d'après leur teneur en microbes, de la façon suivante :

Eau excessivement pure de	0 à 10	germes	par c. c.
— très pure de.	10 à 100	—	—
— pure de.	100 à 1,000	—	—
— médiocre de.	1,000 à 10,000	—	—
— impure de.	10,000 à 100,000	—	—
— très impure au delà de	100,000	—	—

tandis que Macé propose le classement suivant :

Eau très pure de.	0 à 20	germes	par c. c.
— très bonne de.	20 à 100	—	—
— bonne de.	100 à 200	—	—
— médiocre de.	200 à 500	—	—
— mauvaise de.	500 à 1,000	—	—
— très mauvaise de. . . .	1,000 à 10,000	—	—

DÉSIGNATION	LABORATOIRE Municipal de Paris			CONSEIL D'HYGIÈNE			
	Eau pure.	Eau potable.	Eau mau-vaise.	Eau très pure.	Eau potable	Eau suspecte.	E[illegible] m[illegible] va[illegible]
Degré hydrotimétrique total .	15 à 20	— 30	+ 100	5 à 15	15 à 30	+ 30	+
— — après ébullition . . . . a	5 à 12	12 à 18	+ 20	2 à 5	5 à 12	12 à 18	+
Résidu fixe d'évaporation . .	»	+ 500	»	»	»	»	
— — de calcination . .	»	»	»	»	»	»	
Chlorures en Na Cl	30 à 70	80 à 160	+ 160	— 27	— 66	— 165	+
— en Cl	»	»	»	— 15	— 40	— 100	+
				(*Sauf au bord de la m*[illegible]			
Acide sulfurique en anhydride	8 à 50	50 à 85	+ 85	2 à 5	5 à 30	+ 30	+
Acide sulfurique ou SO^4 Ca .	»	»	»	3 à 8	8 à 51	+ 51	+
Azotite	»	»	»	»	»	»	
Azotate en AzO^3K	»	— 1	+ 1	»	»	»	
— en anhydride	»	»	»	»	»	»	
Ammoniaque totale	»	»	»	»	»	»	
— saline	»	»	»	»	»	»	
— albuminoïde. .	»	»	»	»	»	»	
Matières organiques en acide oxalique	»	»	»	»	»	»	
Matières organiques en O . .	1 à 2	3 à 4	+ 4	— 1	— 2	3 à 4	-
Phosphate en anhydride . . .	»	traces.	»	»	»	»	
Sulfures	»	traces.	»	»	»	»	
Sulfate de potasse.	»	»	»	»	»	»	
Alcalinité en CO^3Ca	»	— 250	»	»	»	»	
Magnésie . . , ...	»	+ 30	»	»	»	»	
Chaux totale . . . , ...	»	+ 200	»	»	»	»	
Silice	»	»	»	»	»	»	
Oxyde de fer	»	»	»	»	»	»	
		cm^3	»	»	»	»	
Acide carbonique libre. . . .	»	15 à 20	»	»	»	»	
Air dissous	»	32	»	»	»	»	
Oxygène	»	3	»	»	»	»	
Température moyenne. . . .	»	9° à 11°	»	»	»	»	
Rapport de O à Az	»	»	»	»	»	»	
Oxydabilité en permanganate de potasse.	»	»	»	»	»	»	

ORMULAIRE des aux militaires. au potable.)	CONGRÈS de Pharmacie de Bruxelles. 1885 (Eau potable.)	M. VIVIER Station agronomique. (Eau potable.)	ALLEMAGNE Tiemann et Gartner. (Eau potable.)	SUISSE d'après le Département fédéral de l'intérieur. (Eau potable.)
		30 au plus.		
		10 à 20 au plus		
»	— 500	500 à 800	500	500
»	»	»	»	450
»	»	50	»	»
»	— 8	»	20 à 30	20
»	— 60	»	80 à 100	»
»	»	»	»	»
»	0	0,02 au plus.	0	0
»	— 2	0,03 au plus.	»	»
»	»	»	5 à 15	20
0,5	— 0,5	0,5 à 1	0	0,02
»	»	»	»	»
»	— 0,15	0,2	0,2	0,05
3 au plus.	— 20	20,5 au plus.	»	30
— 3	»	2 au plus.	»	»
0	»	0	»	»
0	0	0	»	»
0	»	0	»	»
»	»	»	»	»
» »	— 200	»	180 à 200	Subordonnées aux circonstances géologiques.
»	— 30	»	»	»
»	— 3	»	»	»
	»	»	»	»
mètre cube.	»	»	»	»
30 par litre.	plus riche en O que l'air.	25 à 30 cm³	»	»
»	»	6 à 8 cm³ ou 8,5 à 11,5 par litre.	»	»
»	»	»	»	»
»	»	1/2 eau pure.	»	»
»	»	1/3 à 1/5 eau potable. »	8 à 10	6

En Suisse, Roger Chavane est encore plus sévère, son classement est le suivant :

Eau très pure.	15 germes	par c. c.	
— bonne	50	—	—
— médiocre	80		—
— mauvaise plus de	80	—	—

Les différences entre ces trois échelles d'appréciation de la pureté d'une eau sont vraiment trop grandes pour que nous puissions accorder une sérieuse valeur à un chiffre qui peut varier dans de telles limites.

ANALYSE

Le chimiste qui accepte la mission délicate de faire une analyse d'eau ne doit rien négliger pour acquérir tous les renseignements qui lui sont nécessaires afin de mener à bien ce travail souvent difficile. Nous ne donnerons pas ici tous les procédés connus de recherches des éléments de l'eau, comme on devrait le faire dans un traité spécial d'analyse, mais seulement ceux qui sont généralement adoptés.

L'analyse d'une eau ne présente quelque valeur qu'autant que la prise d'échantillon a été faite dans de bonnes conditions, avec tout le soin voulu ; aussi l'expert devra-t-il, autant que possible, le prélever lui-même.

Prélèvement de l'échantillon. — Il faut prélever deux séries bien distinctes d'échantillons : ceux destinés à l'analyse chimique et microscopique et enfin ceux destinés à l'examen bactériologique.

A. *Échantillon pour l'analyse chimique et microscopique.* — Ces échantillons doivent être recueillis dans des bouteilles en verre blanc, parfaitement propres, de un litre, et bouchées à l'émeri ou au liège neuf.

Pour laver ces bouteilles, on les nettoie d'abord avec une solution assez concentrée d'acide sulfurique pur, puis on

les rince dans l'eau distillée jusqu'à cessation de réaction acide.

Arrivé sur les lieux où l'on doit prélever l'échantillon, on rince plusieurs fois les bouteilles et leurs bouchons avec l'eau que l'on désire prendre, puis on les remplit avec précaution jusqu'au 1/3 du goulot, de façon qu'après bouchage, il n'y ait que le moins d'air possible entre la surface libre du liquide et la partie inférieure du bouchon.

Il faut autant que possible faire le prélèvement de l'échantillon directement, c'est-à-dire sans se servir de vase intermédiaire qu'il faudrait, si son besoin était rendu nécessaire, nettoyer comme les bouteilles destinées à recevoir l'eau.

Si le prélèvement doit être fait dans une source, une rivière, un lac ou un réservoir quelconque, il faudra toujours le prélever loin des bords, en un point intermédiaire entre la surface et le fond, afin d'éviter les poussières de la première et les boues du fond.

Si le prélèvement doit être fait, au contraire, au robinet d'une canalisation ou à la pompe d'un puits, il sera nécessaire de laisser couler l'eau, un temps suffisant, au moins dix minutes, pour ne pas recueillir celle qui aurait séjourné dans la canalisation.

Dès que les échantillons seront prélevés et bouchés, ils seront cachetés à la cire et soigneusement étiquetés.

Il faut de 7 à 8 litres d'eau pour faire une analyse complète, suivant qu'elle est plus ou moins souillée. Pour une eau ordinaire, 5 litres seront généralement suffisants.

B. *Échantillon pour l'examen bactériologique.* — Ces échantillons doivent être prélevés dans des flacons de verre blanc de 100 centimètres cubes, bouchés à l'émeri, propres et stérilisés.

Pour cela on les lave avec 30 centimètres cubes d'acide sulfurique ou azotique chimiquement purs, en ayant soin

de faire toucher chaque point de la surface intérieure du flacon par l'acide et de l'y laisser séjourner quelques minutes pour amener la destruction complète des germes et matières organiques fixés sur les parois.

On rejette alors l'acide et on rince les flacons à l'eau distillée bouillie jusqu'à ce que l'eau de lavage soit parfaitement neutre. On fait bouillir ensuite les flacons pendant 30 minutes dans l'eau distillée, on égoutte rapidement et l'on bouche.

On peut aussi les stériliser rapidement en maintenant les flacons bien nettoyés, pendant une demi-heure, dans une étuve à gaz, ou un four à flamber, ou un autoclave entre 150 et 180°.

Les flacons stérilisés par une des méthodes indiquées ci-dessus sont enfermés dans des étuis de fer blanc dont on lute le couvercle avec une rondelle de caoutchouc.

Au moment de prendre l'échantillon, on remplit complètement les trois flacons avec l'eau à analyser en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter l'apport des germes de l'air ; on bouche, après avoir passé plusieurs fois dans une flamme le bouchon de verre ou de liège.

Enfin, après fermeture, on paraffinera le bouchon et le goulot, et les flacons ainsi préparés seront immédiatement placés dans de la glace.

Pour ce qui concerne le prélèvement à la source, à la rivière, au lac, au robinet d'une canalisation ou à la pompe d'un puits, l'on devra observer les précautions indiquées pour l'examen chimique.

Si l'on doit prélever pour l'examen chimique ou bactériologique des échantillons à de certaines profondeurs, on se servira d'un des multiples appareils imaginés pour cet usage. Le plus simple est composé d'un ballon en verre épais portant une garniture de laiton et deux tubes en col de cygne de même alliage, dont l'un se prolonge jusqu'au fond du ballon par un tube de verre. Ces tubes sont munis de robinets que l'on peut manœuvrer au moyen de cordes.

Pour prélever un échantillon d'eau avec cet appareil, on l'enfonce jusqu'à la profondeur voulue, on laisse l'eau revenir au repos, on ouvre les robinets, l'eau pénètre par le tube qui va jusqu'au fond du ballon, tandis que l'air sort par l'autre. Lorsque le ballon est plein on ferme les robinets et on le retire de l'eau.

Pour des profondeurs ne dépassant pas 7 à 8 mètres, nous avons imaginé un appareil des plus simples que tout le monde peut construire pour quelques centimes.

Il se compose d'un bâton sur lequel on fait des entailles de 20 en 20 centimètres, et à l'extrémité duquel on fixe solidement un flacon de 1000 ou 500 centimètres cubes. Ce flacon est bouché à l'aide d'un bouchon de liège portant en son centre un petit crochet et retenu au goulot du flacon par deux bandes de caoutchouc placées en croix. Au crochet du bouchon s'attache une ficelle que l'on maintient le long du bâton et qui servira à ouvrir le flacon au moment de la prise d'échantillon.

Pour prélever un échantillon, on enfonce l'appareil à la profondeur voulue, puis on tire sur la ficelle ; lorsque le flacon est plein on n'a qu'à la lâcher pour que les bandes de caoutchouc ramènent le bouchon en place.

Il est nécessaire, pour que l'appareil fonctionne bien, que le bouchon entre à frottement doux dans le goulot du flacon, et que sa partie inférieure ait un diamètre moindre que celui du goulot. Il s'échappe alors une petite quantité d'eau au moment où le bouchon pénètre dans le col du flacon et la fermeture est complète ; dans le cas contraire, le bouchon pénétrerait mal et même pas du tout, le flacon étant entièrement plein d'eau.

On peut employer aussi les flacons bouchés au verre, l'étranglement du bouchon tenant alors lieu de crochet, mais on obtient avec eux de mauvais résultats.

Les échantillons prélevés, l'expert aura besoin de se procurer les renseignements suivants :

Nature géologique du terrain où se trouve l'eau destinée à l'analyse.

Température de l'eau au moment du prélèvement de l'échantillon, température de l'air au même moment.

Conditions météorologiques qui ont précédé le prélèvement.

L'eau est-elle devenue trouble, son niveau est-il supérieur ou inférieur au niveau normal ?

Il devra surtout ne pas oublier d'étudier les causes de souillures permanentes ou accidentelles auxquelles l'eau paraît exposée.

L'eau ainsi prélevée, ces renseignements recueillis, on procédera le plus vite possible à l'analyse.

I. — Analyse chimique

1° Essais préliminaires.

Ces essais, qui ne peuvent guère être que qualitatifs, permettent de se faire assez rapidement une idée de la composition de l'eau soumise à l'expertise, mais il ne faudra jamais s'en tenir à un examen sommaire qui ne comporte aucune conclusion par lui-même.

Il ne s'agit pas, en effet, le plus souvent, de savoir si une eau renferme telle ou telle substance mais bien de rechercher si les doses des corps qui entrent dans sa composition peuvent s'expliquer par la nature des terrains traversés et de savoir, en outre, si les souillures trouvées sont ou banales, ou toxiques, ou infectieuses.

Il ne faudra donc pas ajouter grande importance aux essais préliminaires. Ils sont utiles à l'expert ayant une grande habitude de l'analyse de l'eau, mais ils sont dangereux pour un débutant chez lequel ils peuvent faire naître des idées préconçues sur la composition de l'eau étudiée.

Certains auteurs ont pensé qu'ils devaient porter sur tous les corps que l'eau peut renfermer soit normalement, soit après souillure ; nous croyons que c'est là une exagé-

ration qui amène une perte de temps pour l'analyse pondérale et il est souvent utile d'agir vite, surtout s'il s'agit d'une épidémie.

Les essais préliminaires doivent se borner à la recherche des bicarbonates terreux, des sulfates, des sulfures, des phosphates, des chlorures, de la chaux, des matières organiques, des nitrites et nitrates, de l'ammoniaque.

Recherches des carbonates terreux. — Ces carbonates dissous dans l'eau à la faveur de l'acide carbonique qu'elle renferme, sont décelés par le trouble puis le précipité parfois abondant qui se forme lorsque l'on porte pendant dix minutes à l'ébullition l'eau soumise à l'expertise.

Recherche des sulfates. — Les sulfates seront facilement décelés en ajoutant à 30 centimètres cubes environ de l'eau à analyser, quelques gouttes d'une solution acide de chlorure de baryum. Il se formera alors un précipité de sulfate de baryte d'autant plus abondant que l'eau renfermera plus de sulfates, c'est-à-dire sera plus séléniteuse.

Recherche de l'hydrogène sulfuré et des sulfures. — L'odeur de l'eau fera connaître la présence de l'hydrogène sulfuré et des sulfures.

Quelques gouttes d'une solution d'un sel de plomb donneront avec une telle eau un précipité noir.

Recherche des phosphates. — Dans un vase en verre de bohême ou dans un ballon on verse 100 centimètres cubes d'eau et 50 centimètres cubes de réactif molybdique ; on laisse digérer pendant quelques heures à une douce chaleur au bain-marie. S'il se forme un précipité jaune serin ou simplement une coloration jaune, l'eau étudiée renferme des phosphates.

S'il y en a une quantité appréciable, le sulfate de magnésie et le chlorhydrate d'ammoniaque donnent du phosphate ammoniaco-magnésien.

On ne trouve que bien rarement des phosphates dans l'eau.

Recherche des chlorures. — Cette recherche se fait à l'aide d'une solution au 1/100 de nitrate d'argent. On ajoute à 30 centimètres cubes environ de l'eau à examiner, quelques gouttes de cette solution, et si l'eau renferme des chlorures, il se forme un précipité blanc, caillebotté, de chlorure d'argent insoluble dans l'acide azotique et soluble dans l'ammoniaque.

Recherche de la chaux. — Se fait en ajoutant peu à peu à 30 centimètres cubes d'eau environ, une solution au 1/60 d'oxalate d'ammoniaque ; si l'eau examinée renferme de la chaux, ce qui est le cas général, il se formera un précipité plus ou moins abondant, suivant sa teneur en chaux, d'oxalate de chaux insoluble dans l'acide acétique et soluble dans l'acide nitrique.

Recherche des matières organiques. — Si l'on évapore une certaine quantité d'eau, 150 à 200 centimètres cubes, le résidu obtenu sera coloré en noir plus ou moins foncé s'il renferme des matières organiques.

D'autre part, si l'on porte à l'ébullition 100 centimètres cubes d'eau alcalinisée par la soude ou la potasse au 1/10 et que l'on y ajoute peu à peu, tout en continuant l'ébullition, une solution à 3,95 p. 1000 de permanganate de potasse, jusqu'à coloration rose persistante, l'eau renfermera d'autant plus de matières organiques que l'on aura employé plus de permanganate.

Recherche des nitrites. — Les matières organiques azotées, en voie de transformation active, donnent des nitrites ; ces sels peuvent donc se rencontrer dans l'eau, ils y existent en très petite quantité. On les décélera en ajoutant à 100 centimètres cubes d'eau 1 centimètre cube d'une solution au 1/10 de chlorhydrate de métaphénylène diamine et 1 centimètre cube d'acide sulfurique au 1/3. Après

vingt minutes de repos, si l'eau renferme des nitrites, il se sera développé une coloration jaune.

Les azotites seront encore décelés en ajoutant à l'eau à examiner une solution d'iodure de potassium amidonnée (iodure de potassium 1, empois 20, eau 500). Il se forme une coloration bleue s'il y a des azotites. En présence de quelques gouttes d'acide sulfurique, le réactif est encore plus sensible.

On pourra encore faire usage du réactif de Denigès : aniline pure 2 centimètres cubes, acide acétique cristallisable 40 centimètres cubes, eau quantité suffisante pour compléter 100 centimètres cubes.

L'eau traitée par ce réactif donne une coloration jaune passant au rouge après addition d'acide chlorhydrique si elle renferme des azotites.

Recherche des nitrates. — Les nitrates qui ont toujours été considérés comme le terme ultime de l'oxydation des matières organiques dans le sol, peuvent être regardés le plus souvent comme indiquant une souillure ancienne de l'eau.

On recherche les nitrates en évaporant au bain-marie dans une capsule en porcelaine 10 centimètres cubes de l'eau à analyser. Après évaporation et refroidissement, on ajoute au résidu obtenu 1 centimètre cube de réactif sulfophénique que l'on promène sur les parois de la capsule ; on ajoute alors quelques centimètres cubes d'eau distillée, puis de l'ammoniaque en excès. Si l'eau renferme des azotates, il se développe une belle coloration jaune.

Le réactif sulfophénique se prépare en mélangeant 75 grammes d'acide phénique pur avec 925 grammes d'acide sulfurique pur.

On recherche encore les azotates en ajoutant 1 centimètre cube d'eau à 5 centimètres cubes d'une solution de 0gr,2 de diphénylamine dans 100 centimètres cubes d'acide sulfurique pur. Si l'eau renferme des azotates, il se pro-

duit une coloration bleue. Si l'on avait à faire à une eau que l'on est en droit de supposer trop riche en nitrates, il faudrait la diluer avant de faire cet essai.

Recherche de l'ammoniaque. — Les eaux, à moins d'être souillées, ne renferment que des traces infinitésimales d'ammoniaque, traces que l'on ne saurait déceler sur l'eau même ; aussi, chaque fois qu'en opérant directement sur l'eau on trouvera de l'ammoniaque, c'est que l'on aura affaire, selon toute probabilité, à une eau souillée.

Le réactif de Nessler (iodure double de potassium et de mercure alcalin), permettra de déceler l'ammoniaque. On ajoute à 100 centimètres cubes d'eau, 2 centimètres cubes de ce réactif ; si l'eau renferme de l'ammoniaque, il se produira une coloration jaune plus ou moins intense.

Une eau renfermant beaucoup d'ammoniaque présentera une réaction alcaline reconnaissable par la teinture de tournesol et la phtaléine du phénol.

Abordons maintenant l'analyse pondérale de l'eau.

2° Analyse pondérale.

A. — *Hydrotimétrie.*

C'est une méthode rapide d'essai qui peut renseigner au moins approximativement sur la teneur d'une eau en sels terreux (chaux et magnésie). Elle est basée sur la propriété que possède le savon de former avec les sels terreux des sels d'acides gras insolubles.

Cette méthode, due à Clarke, a été perfectionnée et généralisée en France par Boutron et Boudet.

Le degré hydrotimétrique français correspond à 1 centigramme de carbonate de chaux par litre. En le prenant pour unité, le degré allemand sera représenté par 0,56 et le degré anglais par 0,70.

On a décrit plusieurs appareils : hydrotimètre, flacon gradué, pipette, ballon, devant plus spécialement servir

à l'analyse hydrotimétrique. Nous pensons que c'est un tort de créer pour chaque genre d'analyse un matériel particulier; il est plus sage et plus économique de se servir des appareils courants de laboratoire. Nous n'emploierons ici que la burette hydrotimétrique, encore qu'elle puisse être remplacée par une burette ordinaire.

La burette hydrotimétrique est graduée de telle façon que 23 de ses divisions égalent 2,4 cm^3. Son zéro est placé sur le second trait de la graduation. Il faut cependant, pour faire usage de l'instrument, le remplir jusqu'à ce que le premier trait affleure à la partie inférieure du ménisque produit par la liqueur hydrotimétrique. La quantité de liqueur mesurée par le volume de l'hydrotimètre entre le premier trait et le zéro de la graduation est employée à produire une mousse persistante et n'entre pas, par suite, dans le dosage.

Les solutions employées sont :

1° Une solution alcoolique titrée de savon, *dite Liqueur hydrotimétrique*.

2° Une solution d'azotate de baryte pour titrer la solution de savon : azotate de baryte 0,59 centigrammes, eau distillée quantité suffisante pour un litre, *dite Liqueur d'épreuve*.

3° Une solution d'oxalate d'ammoniaque au 1/10.

Préparation de la solution 1. — On prépare la liqueur hydrotimétrique en dissolvant, à chaud, 100 grammes de savon médicinal râpé et séché à l'air dans 1600 grammes d'alcool à 90°; on filtre et on ajoute 1000 centimètres cubes d'eau distillée.

La liqueur ainsi préparée est altérable, elle laisse déposer, après refroidissement, et cela pendant un certain temps, des flocons gélatineux qu'on sépare par filtration avant d'en faire usage. Ce dépôt faisant varier le titre de la liqueur employée, il est préférable de ne la titrer qu'après plusieurs mois de repos. Mais, si l'on désire avoir des

résultats exacts, il faut la titrer chaque fois que l'on en fait usage, si l'on ne s'en sert que rarement, ou mieux encore, employer la formule de Garnier.

Courtonne a proposé la formule suivante pour la préparation d'une liqueur hydrotimétrique de bonne conservation.

Dans un ballon de 1 litre en verre on met :

Huile d'amandes douces ou huile d'olives.	28 gr. ou 30 cc.
Lessive de soude à 36° B	10 —
Alcool à 95°	10 —

Après avoir chauffé pendant quelques minutes au bain-marie bouillant, la saponification est faite; on ajoute alors 900 centimètres cubes d'alcool à 60°, on agite quelques instants pour dissoudre le savon formé, on laisse refroidir à 15° et on complète à un litre avec de l'alcool à 60°.

Titrage de la solution n° 1. — Pour titrer la liqueur hydrotimétrique, on prélève à l'aide d'une pipette graduée 40 centimètres cubes de la solution n° 2 d'azotate de baryte que l'on met dans un flacon de verre quelconque de 90 ou 100 centimètres cubes, puis on remplit la burette hydrotimétrique de la liqueur à essayer. On verse alors goutte à goutte cette liqueur dans les 40 centimètres cubes de liqueur barytique en ayant soin de l'agiter vivement après chaque addition de liqueur savonneuse. Lorsque cette agitation fait naître une couche de mousse épaisse et persistante pendant une dizaine de minutes, l'opération est terminée.

Si le nombre de degrés observés sur la burette hydrotimétrique est 22, c'est que la liqueur savonneuse est bonne. S'il est supérieur, il faudra ajouter de l'alcoolé de savon et procéder à un nouvel essai; s'il est moindre, on ajoutera de l'eau distillée en observant qu'il faut en ajouter environ 1/23 de son poids pour diminuer sa force de 1°.

Dans ce titrage, il faut se méfier de la fausse mousse

qui ne tient que quelques minutes et disparaît avec rapidité dès qu'une bulle savonneuse a crevé.

Nous avons mesuré la liqueur d'épreuve (solution d'azotate de baryte) avec une pipette graduée et non avec un flacon spécial, comme on le fait encore trop souvent, parce que l'on évite ainsi les erreurs qui peuvent résulter d'un trop grand ménisque et de la mauvaise graduation du flacon servant à cette mesure.

Pour obvier aux inconvénients de ce titrage, on emploiera la formule de Garnier qui est :

$$X = \frac{23\,(n+1)}{N+1} - 1$$

dans laquelle N exprime le nombre de degrés lus sur la burette dans le dosage des 40 centimètres cubes de solution barytique, et n celui qui correspond à l'eau analysée.

Essai d'une eau. — Avant de procéder à l'essai hydrotimétrique d'une eau, il est indispensable de s'assurer si elle n'est pas trop chargée, c'est-à-dire si elle ne précipite pas le savon en grumeaux.

Pour cela, on verse dans un verre à expérience 20 centimètres cubes de l'eau à examiner et l'on ajoute 1 centimètre cube environ de liqueur hydrotimétrique ; on agite alors vivement avec une baguette de verre. Si l'eau prend une teinte opaline sans qu'il se forme de grumeaux, on peut faire directement l'essai ; si, au contraire, il se forme des grumeaux, on l'étend d'un volume d'eau distillée, titrant zéro degré hydrotimétrique, suffisant pour que cet effet n'ait pas lieu. Le plus souvent, surtout pour la commodité des calculs, on l'étend au 1/2 ou au 1/3 suivant le cas.

Cet essai terminé, on prend, toujours à l'aide d'une pipette graduée, 40 centimètres cubes de l'eau à examiner que l'on verse ensuite dans un flacon de 90 à 100 centimètres cubes. On y ajoute alors, goutte à goutte, la liqueur

hydrotimétrique, en agitant chaque fois, jusqu'à ce que l'on obtienne une mousse épaisse persistant au moins dix minutes. L'essai est alors terminé ; on lit sur la burette le nombre de divisions de liqueur savonneuse employée et ce nombre représente le degré hydrotimétrique cherché.

Supposons que ce degré soit égal à 12 ; cela veut dire que :

1° Un litre de l'eau analysée décompose 12 décigrammes de savon avant de pouvoir dissoudre ce corps.

2° Un litre de cette même eau contient, à très peu de choses près, 12 centigrammes de matières terreuses fixes.

On fait en général les quatre déterminations suivantes :

1° On prend le degré hydrotimétrique de l'eau comme nous venons de l'indiquer. *C'est le degré hydrotimétrique total* qui nous fait connaître la totalité des sels dissous dans l'eau et l'acide carbonique.

2° A 100 centimètres cubes de l'eau à essayer, on ajoute 4 centimètres cubes d'une solution d'oxalate d'ammoniaque au 1/60, on agite et on laisse reposer pendant une demi-heure. On mesure 40 centimètres cubes de cette liqueur filtrée et on en prend le degré.

L'oxalate d'ammoniaque ayant entièrement précipité les sels de chaux, cette opération nous donne l'acide carbonique et les sels de magnésie.

3° On fait bouillir pendant une demi-heure un volume quelconque mais déterminé de l'eau à examiner ; on laisse alors refroidir, puis on ramène au volume primitif avec l'eau distillée titrant zéro à l'hydrotimètre. On agite bien, on filtre et l'on prend le degré hydrotimétrique de la liqueur filtrée. *C'est le degré permanent.*

Durant cette opération, l'acide carbonique est expulsé et le carbonate de chaux se dépose, la magnésie reste dissoute et ne se précipite pas à l'état de carbonate. Tout l'acide carbonique combiné à la chaux et à la magnésie précipite, en effet, à l'état de carbonate de chaux, pourvu que la chaux soit en excès par rapport à cet acide carbonique, ce qui est le cas général.

Le troisième essai nous fait donc connaître les sels de magnésie et les sels de chaux autres que les carbonates. Le résultat ainsi trouvé est toujours trop élevé de 3 degrés que l'on retranche. Ces 3 degrés représentent la partie du carbonate de chaux qui reste en solution.

4° A 50 centimètres cubes de l'eau bouillie et filtrée on ajoute 2 centimètres cubes d'une solution d'oxalate d'ammoniaque au 1/60 et l'on agite. On laisse reposer une demi-heure, on filtre et l'on prend le degré hydrotimétrique de la liqueur filtrée.

Cet essai nous fait connaître les sels de magnésie.

Remarque. Le papier à filtrer qui sert dans toutes ces opérations doit être du papier dit Berzelius, lavé à l'eau bouillante et séché.

Si nous représentons par d_1, d_2, d_3, d_4, les degrés hydrotimétriques ainsi obtenus nous aurons

Degré hydrotimétrique total.	d_1
— — permanent. .	d_3
Acide carbonique.	$d_2 - d_1$
Sels de chaux	$d_1 - d_2$
Carbonate de chaux	$d_1 - [d_3 + (d_2 - d_4)]$
Sels de magnésie.	d_4
Sels de chaux autres que le carbonate.	$d_3 - d_4$

On transforme ensuite les degrés hydrotimétriques ainsi obtenus en poids.

On calcule généralement les sels de chaux, autres que le carbonate, et les sels de magnésie en sulfates.

Le tableau suivant indique les quantités d'acide carbonique, de carbonate de chaux, de sulfate de chaux, de sulfate de magnésie, de chaux et de magnésie représentées par 1 degré hydrotimétrique « pour un litre d'eau ».

Acide carbonique.	0,0100
Carbonate de chaux.	0,0103
Sulfate de chaux	0,0140
Sulfate de magnésie.	0,0125
Chaux	0,0057
Magnésie.	0,0042

Tous ces composés sont évalués à l'état anhydre.

L'analyse hydrotimétrique a permis de séparer les eaux en trois classes :

1° 30° et au-dessous : eaux pouvant servir à la boisson, aux blanchissages et aux savonnages.

2° De 30° à 60° : eaux impropres aux usages domestiques; peuvent à peine servir à l'alimentation des générateurs à vapeur.

3° Au-dessus de 60° : eaux impropres à tous les usages.

Nous rappellerons ici que la valeur d'une eau surtout comme boisson ne peut pas être jugée sur un seul chiffre, qu'il faut en faire une analyse complète.

On ne saurait donc tirer aucune conclusion de l'essai hydrotimétrique d'une eau sans le faire suivre de l'analyse organique, microscopique et microbienne.

Valeur de cette méthode. — La majorité des auteurs qui se sont occupés de l'eau, paraissent admettre que les résultats fournis par l'hydrotimétrie ne sont que des résultats approchés, d'autres disent « absolument faux lorsqu'on doit s'en servir comme procédé de dosage, surtout avec les eaux très calcaires ou très séléniteuses, dans lesquelles elle accuse de grandes quantités de magnésie alors que l'analyse chimique pondérale n'en révèle le plus souvent que des traces » (Boucher). Dans un ouvrage récent sur l'analyse chimique et la purification des eaux potables, M. Guichard la déclare sans valeur.

Cependant le professeur Villiers de l'école supérieure de Pharmacie de Paris, dans son remarquable ouvrage sur les falsifications et altérations des substances alimentaires dit que : « ce mode de dosage est plus précis qu'on ne saurait le croire ; si la méthode hydrotimétrique ne peut donner des résultats rigoureusement exacts, on peut du moins compter sur une certaine approximation » ; il pense que l'on a exagéré l'inexactitude des procédés hydrotimétriques.

De notre côté, nous pensons que cette méthode est inexacte et que, par suite, les résultats qu'elle donne avec plus ou moins d'approximation ne peuvent être regardés que comme des renseignements secondaires n'ayant guère plus de valeur que ceux fournis par un essai qualitatif.

En aucun cas, il ne faudrait formuler des conclusions sur la valeur d'une eau comme boisson, si l'on n'avait pu en faire qu'une analyse hydrotimétrique.

B. — *Dosage des gaz dissous dans l'eau.*

Les eaux de surfaces qui restent au large contact de l'air en dissolvent les divers gaz qui entrent dans sa composition, mais avec leur coefficient de solubilité propre. L'eau renfermera donc de l'oxygène, de l'azote et de l'acide carbonique.

De ces divers gaz, le plus important à doser est certainement l'oxygène qui, suivant la quantité que nous en trouverons dans l'eau, nous renseignera sur la souillure de cette eau.

Dosage total. — Ce dosage est peu important, il n'a de valeur que parce qu'il permet de déterminer le rapport de l'oxygène à l'azote ; lorsque ce rapport est inférieur à 32 p. 100 l'on doit redouter la présence dans l'eau d'une grande quantité de matières organiques.

Les gaz de l'eau sont composés en effet de 10 p. 100 d'acide carbonique, 30 à 33 p. 100 d'oxygène et 57 à 60 p. 100 d'azote.

On y rencontre parfois en proportions non mesurables, de l'hydrogène sulfuré et du formène, mais ce sont là des gaz anormaux.

Pour doser les gaz dissous dans l'eau soumise à l'expertise, on en remplit totalement un ballon de 2 ou 3 litres, mais de volume parfaitement déterminé ; on le bouche

hermétiquement en enfonçant le bouchon de façon à remplir avec l'eau du ballon le tube abducteur dont la petite branche ne doit pas dépasser la partie inférieure du bouchon.

Le ballon ainsi préparé est placé sur un fourneau, tandis que le tube à dégagement se rend sous une éprouvette remplie de mercure et placée sur la cuve à mercure.

On chauffe le ballon légèrement, l'eau se dilate et une portion se rend sous l'éprouvette ; on augmente peu à peu la chaleur jusqu'à l'ébullition, les gaz dissous commencent à se dégager et sont alors entraînés par la vapeur d'eau.

L'eau contenue dans l'éprouvette échauffée par la vapeur d'eau qui y pénètre laisse ainsi s'échapper les gaz qu'elle tenait en dissolution : on maintient l'ébullition jusqu'à ce que la majeure partie de l'eau de l'éprouvette soit chassée par la dilatation des gaz et de la vapeur d'eau qu'elle contient.

A ce moment, tout dégagement gazeux ayant cessé, on arrête l'ébullition et on débouche le ballon pour éviter l'absorption du mercure. On laisse refroidir l'éprouvette et l'on transvase les gaz dans un tube gradué pour en mesurer le volume total.

A cet effet, on fait la lecture du volume après avoir ramené le niveau du mercure dans le tube au niveau du mercure dans la cuve.

On note le volume ainsi obtenu. On introduit alors dans le tube gradué un morceau de potasse, on agite jusqu'à absorption complète d'acide carbonique, on lit de nouveau le volume restant toujours après avoir fait coïncider le niveau du mercure dans le tube et dans la cuve ; la différence entre le volume ainsi trouvé et le volume total représente le volume d'acide carbonique existant dans l'eau soumise à l'expérience.

On ajoute alors, à l'aide d'une pipette courbe, une solution concentrée d'acide pyrogallique et l'on agite. L'oxygène est absorbé. On détermine avec les précautions ordi-

naires le volume du gaz restant qui est celui de l'azote. Il suffit alors de retrancher du volume total celui de l'azote et de l'acide carbonique pour avoir celui de l'oxygène.

Les volumes gazeux mesurés sont réduits à la température de 0° et à la pression normale de 760 millimètres de mercure d'après la formule :

$$x = \frac{V (H - f)}{(1 + \alpha t)\, 760}$$

dans laquelle x est le volume réduit à 0° et à 760 ; V le volume primitif; H la pression atmosphérique au moment de la lecture ; f la tension maxima de la vapeur d'eau à $t°$; t la température au moment de l'expérience ; x = 0,003665.

Dosage de l'oxygène. — Ce dosage est le plus important des dosages gazeux parce que la potabilité d'une eau est le plus souvent en raison directe de la quantité d'oxygène qu'elle tient en dissolution.

Il est nécessaire qu'il soit fait peu après le prélèvement des échantillons afin de ne pas donner le temps aux matières organiques de l'eau de faire varier la proportion de l'oxygène.

Plusieurs procédés ont été proposés.

1° *Le procédé déjà ancien de Girardin* à l'hydrosulfite de soude. Ce réactif très sensible a été abandonné aujourd'hui, le procédé auquel il sert de base étant très délicat.

2° *Le procédé Muller-Chalamey* qui absorbe l'oxygène avec l'oxyde de manganèse. Ce procédé est peu usité.

3° *Procédé de Mohr modifié par Levy.* — Ce procédé est à peu près le seul suivi aujourd'hui dans tous les laboratoires ; il a pour base le sulfate de protoxyde de fer.

Principe. — Le sulfate de protoxyde de fer n'absorbe pas immédiatement l'oxygène en liqueur acide, en liqueur alcaline, il est précipité avec mise en liberté de protoxyde de fer qui absorbe immédiatement l'oxygène dissous.

Mode opératoire. — Une pipette à double robinet de volume connu (environ 100 centimètres cubes) est remplie par aspiration de l'eau à essayer ; on ferme les robinets. On la suspend alors par sa partie supérieure et on laisse la partie inférieure plongée dans un vase contenant 2 centimètres cubes d'acide sulfurique pur au 1/2.

On verse dans l'entonnoir qui surmonte la pipette 2 centimètres cubes de potasse pure au 1/10 que l'on fait passer dans l'eau par le jeu des robinets. On lave l'entonnoir, on le sèche, puis on introduit dans l'eau, comme pour la potasse, 4 centimètres cubes d'une solution acide de sulfate de fer et d'ammonium (sulfate de fer et d'ammonium 40 grammes, eau distillée 990 centimètres cubes, acide sulfurique pur 10 centimètres cubes).

L'eau qui s'écoule par le robinet inférieur pouvant entraîner de petites quantités d'oxyde de fer est reçue dans un liquide fortement acide (acide sulfurique au 1/2) de telle sorte que l'oxyde de fer ne puisse se peroxyder.

Si V est le volume en centimètres cubes de l'eau contenue dans la pipette, V—6 est le volume de l'eau sur lequel va agir le sel de fer. La réaction se produit, les oxydes de fer, très denses, tombent au fond du liquide, au bout de quelques minutes, tout l'oxygène de l'eau a disparu.

On verse alors dans l'entonnoir 4 centimètres cubes d'acide sulfurique au 1/2 et laissant fermé le robinet inférieur de la pipette on ouvre le robinet supérieur. L'acide, plus lourd que l'eau, pénètre lentement dans la pipette, se mêle au liquide et dissout les deux oxydes de fer.

Quand la liqueur est redevenue incolore, on verse le contenu de la pipette dans un ballon ainsi que l'eau provenant du lavage de l'appareil. L'on ajoute, goutte à goutte, à cette liqueur une solution de permanganate de potasse normale décime, jusqu'à l'apparition d'une teinte rose sensible.

Le volume de permanganate versé doit être retranché de celui qui correspondrait à la totalité du sulfate de fer employé.

Pour cela, on verse dans un ballon V—6 centimètres cubes de l'eau à analyser, 2 centimètres cubes de potasse au 1/10, 4 centimètres cubes d'acide sulfurique au 1/2, puis 4 centimètres cubes de solution de sulfate de fer et d'ammonium. Le sulfate ayant été versé en liqueur acide ne se transformera pas en sulfate de sesquioxyde de fer et l'air atmosphérique n'agira pas sur lui.

On titre alors cette liqueur avec le permanganate de potasse, comme pour l'opération précédente.

En retranchant du chiffre ainsi obtenu celui fourni dans l'analyse de l'eau, on obtient le nombre représentant en milligrammes la quantité d'oxygène que le sulfate de fer a trouvé dans l'eau. En multipliant ce chiffre par 10 si V—6 = 100 centimètres cubes, ce qui est le cas général, on obtient la quantité d'oxygène contenue dans un litre d'eau.

Cette méthode donne des résultats très exacts.

Pour étudier l'altérabilité d'une eau, Levy détermine la quantité d'oxygène dissous au moment de la prise d'échantillon; puis il conserve pendant quarante-huit heures, dans une étuve à 33°, la même eau dans des flacons entièrement pleins et bien bouchés. Au bout de ce temps il répète le dosage d'oxygène.

Le rapport entre la perte d'oxygène ainsi constatée et le titre primitif, est, ce qu'il appelle le coefficient d'altérabilité de l'eau.

Il ne faut pas oublier que la proportion d'oxygène dissoute dans une eau est fonction de la quantité et de la qualité des matières organiques contenues dans cette eau, de la température, de la pression et de l'intensité lumineuse.

DOSAGE DE L'ACIDE CARBONIQUE LIBRE OU COMBINÉ

Ce dosage peut se faire par plusieurs procédés dont le plus employé est celui dont on se sert au laboratoire de Montsouris.

A. *Dosage de l'acide carbonique total.* — Dans un flacon à l'émeri à large ouverture, de 670 centimètres cubes, on verse 500 centimètres cubes d'eau et une solution de chlorure de baryum ammonical bien limpide jusqu'à cessation de précipité. On bouche bien, on agite et on laisse au repos douze heures dans un endroit frais. Il se forme un précipité formé de sulfate de baryte provenant des sulfates contenus dans l'eau et de carbonate de baryte provenant de l'acide carbonique libre et des carbonates. On recueille ce précipité sur un petit filtre à analyse, on le lave avec de l'eau distillée récemment bouillie jusqu'à ce que les eaux de lavage n'accusent plus de baryte en solution puis on le traite sur le filtre par l'acide chlorhydrique pur étendu qui ne dissout que le carbonate de baryte sans toucher au sulfate. On recueille le liquide filtré, et lorsque le filtre est complètement lavé, on y dose à l'état de sulfate, la baryte correspondant à l'acide carbonique de l'eau en la précipitant par un léger accès d'acide sulfurique. D'après le poids de sulfate de baryte on évalue l'acide carbonique sachant que 116,5 de sulfate de baryte correspondent à 22 grammes d'acide carbonique.

Les nombres obtenus peuvent être un peu forts à cause de l'action de l'acide carbonique de l'air sur la solution barytique.

On prépare le chlorure de baryum ammonical en mélangeant volumes égaux d'une solution de chlorure de baryum au 1/10 avec de l'ammoniaque à 22°. On filtre.

B. *Dosage de l'acide carbonique demi combiné.* — On fait bouillir à l'air dans un ballon pendant une demi-heure,

200 centimètres cubes de l'eau à analyser. On bouche alors le ballon et on le met en communication avec la pompe à mercure ; à ce moment on acidifie la liqueur avec l'acide sulfurique pur, on chauffe et l'on fait le vide.

On mesure le volume de gaz extrait qui doit être entièrement formé d'acide carbonique, on s'en assure en y introduisant un fragment de potasse caustique qui doit l'absorber entièrement.

Si v est le volume de l'acide carbonique trouvé, ramené à 0° et à 760, et V le volume de l'acide carbonique total ramené aussi à 0° et à 760, le volume de l'acide carbonique libre sera $V-2v$.

Méthode Held. — Le professeur Held, de l'École supérieure de Pharmacie de Nancy, a cherché à éviter l'action de l'acide carbonique de l'air en rendant la filtration automatique et indépendante de l'atmosphère extérieure. Il est arrivé à ce résultat en se servant de l'appareil suivant.

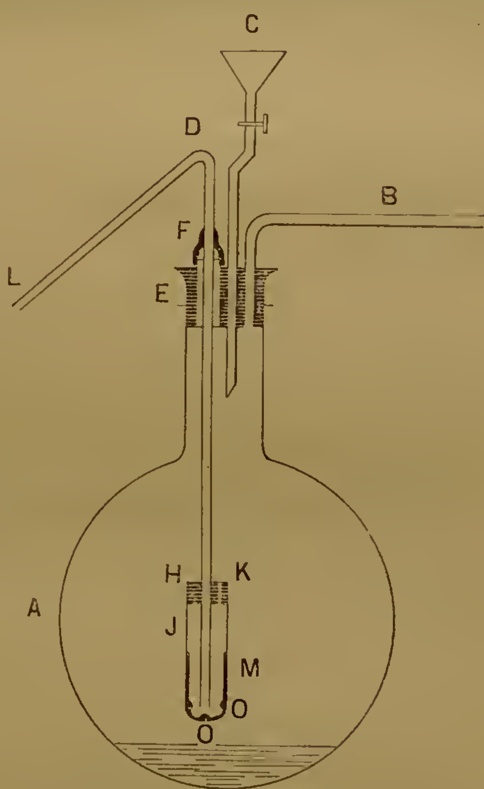


Fig. 6. — Appareil du Pr Held.

« Un ballon A, (figure 6), de 1 à 2 litres de capacité suivant les besoins, reçoit une quantité déterminée (pesée ou mesurée) de l'eau à analyser, de façon à être rempli jusqu'à la naissance du col, environ. On y ajoute un excès de lait de chaux exempt de carbonate et un peu de chlorure de calcium s'il y a des bicarbonates. Le ballon est rempli avec de l'eau distillée bouillie jusqu'au 2/3 du col, bouché à l'aide d'un bouchon de caoutchouc tra-

versé par un tube de sûreté renfermant un peu de potasse pour éviter l'accès de l'acide carbonique de l'atmosphère.

Après quelques jours de contact à froid, de quelques heures à la température du bain-marie, tout l'acide carbonique est fixé à l'état de carbonate de chaux qui se dépose avec d'autres sels insolubles. Après refroidissement et clarification du liquide on adapte sur le col du ballon un bouchon muni des ajutages suivants :

1° Un tube de dégagement coudé à angle droit B, destiné ultérieurement au départ de l'acide carbonique qu'il amène aux appareils de dessiccation et d'absorption.

2° Un tube à robinet muni d'un entonnoir à la partie supérieure C, destiné à l'introduction de l'acide devant décomposer le carbonate de chaux.

3° Enfin un tube D, servant à la fois de siphon et de support pour le filtre.

Ce tube glisse à frottement doux dans un tube un peu plus large E, auquel il est lié par un ajustage en caoutchouc F, ce qui permet de l'élever ou de l'abaisser à volonté.

A sa partie inférieure ce tube-siphon s'engage dans un bouchon H, sur lequel s'ajuste un tube à essai de 20 millimètres de diamètre environ J, dont la partie inférieure est munie de 2 ou 3 orifices soufflés à l'intérieur O et permettant l'accès à l'intérieur du tube du liquide extérieur.

Ces orifices sont recouverts ainsi que 12 à 15 centimètres de hauteur du tube, par un mouchoir filtrant M, en papier, qu'on trouve aujourd'hui dans le commerce et de tous les calibres.

Le bouchon H est muni d'une rainure K, faite à la lime et destinée à laisser passer les gaz emmagasinés dans le tube filtre.

Le fonctionnement de l'appareil est des plus simples.

Le ballon étant garni comme il est dit plus haut, et le dépôt une fois opéré, on remplace le bouchon provisoire par le bouchon muni de ses ajutages, en ayant soin de

relever le plus haut possible le tube-siphon D, porteur du filtre M.

A l'aide d'un tube en caoutchouc, on amorce le siphon en L, en ayant soin de laisser rentrer, par le tube B, de l'air privé d'acide carbonique. A mesure que le niveau du liquide baisse dans le ballon, on enfonce de plus en plus le tube D dans sa glissière F, et cela jusqu'au moment où on sera arrivé au bout de la course et que presque tout le liquide clair aura passé par le siphon. A ce moment, on bouchera l'extrémité L, on mettra le tube de dégagement B en communication avec les appareils à absorption et par le tube à entonnoir C, on laissera couler l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique pur dilué, pour décomposer le carbonate. L'opération se termine à chaud et on expulsera les dernières portions d'acide carbonique en faisant passer par le tube D un courant d'air pur.

Cette méthode, très précise, sera d'une grande utilité pour les eaux peu chargées en acide carbonique ou pauvres en bicarbonates, et surtout pour le dosage de l'acide carbonique dans les eaux minérales. »

C. — *Dosage des éléments minéraux.*

Les éléments minéraux qui peuvent se rencontrer normalement dans l'eau, soit en dissolution, soit en suspension seront, comme nous l'avons vu, ceux qui constituent les divers terrains au travers ou sur lesquels l'eau a cheminé.

Pour une analyse d'eau destinée à la boisson on doit doser :

1° Résidu sec.	6° Magnésie.
2° Perte au rouge.	7° Potasse et soude.
3° Silice.	8° Chlorures.
4° Fer et alumine.	9° Sulfates.
5° Chaux.	10° Phosphates.

et s'il y a lieu les métaux toxiques.

Les nitrates et nitrites, l'ammoniaque salin et albuminoïde provenant le plus souvent de la transformation

des matières organiques dans le sol seront dosés avec ces dernières.

Résidu sec. — Ce dosage a pour but de déterminer la quantité de substances dissoutes.

On évapore au bain-marie dans une capsule en platine tarée, 300 centimètres cubes d'eau que l'on ajoute peu à peu. Quand l'évaporation est terminée, on chauffe encore durant quatre heures, on essuie extérieurement la capsule et on met refroidir sous le dessiccateur et l'on pèse : on a ainsi le résidu sec.

Deux causes d'erreurs peuvent influer sur ce résultat : 1° Si l'on se trouve en présence d'une eau magnésienne, pendant l'évaporation le chlorure de magnésium perd de l'acide chlorhydrique qui se volatilise.

On remédie à cet inconvénient en ajoutant à l'eau 0,1 ou 0,2 de carbonate de soude pur et sec qu'on retranche ensuite du poids du résidu.

Cette cause d'erreur est en général insignifiante pour les eaux potables.

2° Le carbonate de fer que renferment certaines eaux perd son acide carbonique et reste à l'état de sesquioxyde ; cette erreur est encore moindre que la première, on peut le plus souvent la négliger.

Perte au rouge. — Cette détermination ne peut donner que des renseignements bien incertains sur les matières organiques et matières volatiles contenues dans l'eau.

On incinère le résidu sec au rouge sombre dans un fourneau à moufle jusqu'à ce que le charbon résultant de la carbonisation des matières organiques soit entièrement brûlé, ce qui se reconnaît facilement à la couleur du résidu. On laisse ensuite refroidir au dessiccateur et on pèse.

Malgré le peu de valeur des résultats ainsi obtenus, la perte au rouge est encore demandée sur bien des bulletins officiels d'analyse.

Dosage de la silice. — Pour doser la silice, on acidule franchement avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique 1 litre de l'eau à analyser que l'on évapore ensuite au bain-marie. On reprend le résidu sec par l'acide chlorhydrique étendu, on filtre sur un filtre sans cendres, on lave le filtre à l'eau distillée jusqu'à ce que l'eau qui s'écoule ne soit plus acide, on dessèche alors le filtre à l'étuve, on le calcine dans une capsule en porcelaine tarée, on laisse refroidir sous le dessiccateur et on pèse ; on a ainsi le poids de la silice contenu dans 1 litre d'eau.

Dosage du fer et alumine. — Dans la liqueur filtrée séparée de la silice, on verse un léger excès d'ammoniaque pure, puis on fait bouillir jusqu'à disparition d'odeur ammoniacale et l'on filtre ; on reprend le résidu par l'acide chlorhydrique et on le précipite de nouveau. On chasse l'ammoniaque par la chaleur et l'on filtre sur un filtre sans cendres. On lave bien à l'eau distillée bouillante le peroxyde de fer et l'alumine restés sur le filtre, on calcine et on pèse.

On redissout alors à chaud le précipité dans l'acide chlorhydrique fumant et pur, on réduit le sesquioxyde de fer en peroxyde par l'hydrogène produit au sein même de la liqueur à l'aide d'une lame de zinc. Au bout d'un quart d'heure la réduction est complète. On titre alors rapidement la liqueur à l'aide d'une solution normale centime de permanganate de potasse. L'on multiplie le nombre de centimètres cubes de solution de permanganate normale centime trouvé par $0^{gr},00080$ et l'on obtient le poids de peroxyde de fer.

Par différence avec la première pesée on obtient l'alumine.

Dosage de la chaux. — Dans la liqueur séparée de la silice, du fer et de l'alumine, on ajoute un excès d'ammoniaque, de façon à obtenir une réaction franchement alcaline, puis on ajoute un léger excès d'oxalate d'ammo-

niaque qui précipite la chaux à l'état d'oxalate de chaux ; on fait bouillir un quart d'heure pour que la précipitation soit complète, on filtre alors sur un filtre sans cendre, on lave et on calcine.

A la calcination, l'oxalate de chaux donnant plusieurs produits de décomposition suivant la température à laquelle on a porté le précipité, on obtient un produit de composition variable. Pour éviter cet inconvénient, après avoir laissé refroidir le produit de la calcination, on le traite avec précaution par quelques gouttes d'acide sulfurique au 1/10 ; on évapore à un feu doux en évitant les pertes, on calcine de nouveau, on laisse refroidir sous l'exsiccateur et l'on pèse.

On obtient ainsi le poids de chaux à l'état de sulfate. Ce poids multiplié par 0,4176 donne celui de la chaux anhydre.

A. Lévy à Montsouris précipite la chaux à l'état d'oxalate de chaux, fait une solution acide de cet oxalate, la porte à 60° environ et la titre au permanganate de potasse normal centime ; 1 centimètre cube de permanganate de potasse normal centime correspond à $0^{gr},00028$ de chaux.

Dosage de la magnésie. — On ajoute un grand excès d'ammoniaque et un léger excès de phosphate de soude à la liqueur séparée de la chaux, on agite circulairement avec une baguette de verre en ayant soin de ne pas frotter les parois du vase, puis on laisse reposer vingt-quatre heures dans un endroit frais. Il se forme dans ces conditions un précipité de phosphate ammoniaco-magnésien.

On filtre alors la liqueur sur un filtre sans cendres en prenant la précaution de détacher des parois du vase, avec une baguette de verre munie à son extrémité de caoutchouc, les parties adhérentes du précipité.

On le lave ensuite sur le filtre avec de l'eau ammoniacale au 1/3, on sèche, on calcine et on pèse.

Par calcination le phosphate ammoniaco-magnésien

passe à l'état de pyrophosphate de magnésie et c'est ce sel que l'on pèse.

Son poids multiplié par 0,36036 donne celui de la magnésie.

Dosage des alcalis ; potasse et soude. — Ce dosage est rarement nécessaire, ces bases n'existant le plus souvent dans l'eau qu'en petite quantité.

On évapore à 500 centimètres cubes environ, un ou plusieurs litres d'eau, on ajoute au produit de l'évaporation un léger excès d'eau de baryte et on porte à l'ébullition. Dans ces conditions, toutes les bases des quatre premières classes sont précipitées ; on filtre et on lave à l'eau distillée bouillie le précipité. Dans la liqueur obtenue on précipite l'excès de baryte par le carbonate d'ammoniaque et un courant d'acide carbonique, on chauffe à l'ébullition pour décomposer le bicarbonate de baryte qui aurait pu se former et on filtre à nouveau.

La liqueur filtrée acidulée par l'acide chlorhydrique pur est évaporée dans une capsule en platine tarée, le résidu est légèrement calciné, puis pesé.

On obtient ainsi le poids de chlorures de potassium et de sodium correspondant à la potasse et à la soude contenues dans l'eau soumise à l'expertise.

On reprend le résidu de chlorures par l'eau distillée chaude et on verse dans cette solution une solution concentrée de chlorure de platine jusqu'à coloration jaune faible de la liqueur et on la concentre. On détermine la précipitation complète de la potasse en ajoutant de l'alcool ; le précipité est lavé à l'alcool à 80° desséché et pesé.

On peut encore évaporer au bain-marie les solutions des chlorures additionnées de chlorure de platine, reprendre le résidu par un mélange à volumes égaux d'alcool et d'éther, filtrer sur un filtre desséché à 100° jusqu'à poids constant et taré. On lave le précipité avec le mélange alcool-éther,

tant que la liqueur passe jaune ; on dessèche de nouveau le filtre et son contenu jusqu'à poids constant.

Ce poids diminué de celui du filtre donne celui du chloroplatinate de potasse qui, multiplié par 0,30507 donne le chlorure de potassium correspondant.

Connaissant le poids de la somme des chlorures de potassium et de sodium et celui du chlorure de potassium. on déterminera par différence celui du chlorure de sodium.

Le poids du chlorure de potassium trouvé, multiplié par 0,5245 donne celui du potassium et multiplié par 0,6318 celui de la potasse anhydre.

Le poids du chlorure de sodium trouvé multiplié par 0,3931 donne celui du sodium et par 0,5302 celui de la soude anhydre.

Dosage des chlorures. — Les chlorures peuvent se doser par deux méthodes différentes :

1° En poids.

2° Volumétriquement.

Le dosage en poids est surtout utilisé pour les eaux minérales. Pour les eaux de boisson on se sert constamment du dosage volumétrique.

Méthode par pesée. — On évapore jusqu'à moitié de son volume 500 centimètres cubes d'eau acidulée par l'acide azotique pur. On ajoute alors un léger excès d'une solution d'azotate d'argent. Si l'eau renferme des chlorures, il se forme un précipité de chlorure d'argent, on attend quelques heures afin de bien le laisser se rassembler puis on filtre sur un filtre séché à 100° et taré. On lave sur le filtre le précipité à l'eau distillée tant que les eaux de lavage renferment de l'azotate d'argent. On dessèche alors le filtre et son contenu à 100° jusqu'à poids constant.

La différence entre le poids ainsi trouvé et la tare du filtre, donne le poids de précipité de chlorure d'argent.

Ce poids multiplié par 0,24724 donne le chlore et par 0,25435 l'acide chlorhydrique équivalent.

Méthode volumétrique. — A 100 centimètres cubes de l'eau à analyser, on ajoute quelques gouttes (III ou IV) d'une solution de chromate neutre de potasse, puis, à l'aide d'une burette graduée en 1/10 de centimètre cube on y verse goutte à goutte une solution normale décime d'azotate d'argent jusqu'à coloration faiblement rouge de l'eau soumise à l'expertise.

On lit alors sur la burette le nombre de divisions de la solution d'azotate d'argent normale décime employée.

On refait le même dosage sur 100 centimètres cubes d'eau distillée. On lit à nouveau la quantité de liqueur normale décime d'azotate d'argent employée et l'on retranche cette quantité de celle fournie par la première opération. On obtient ainsi la quantité de solution d'argent correspondant aux chlorures de l'eau à analyser.

Chaque centimètre cube de la solution d'azotate d'argent normale décime correspond à $0^{gr},003545$ de chlore et $0^{gr},003645$ d'acide chlorhydrique.

Dosage des sulfates. — On évapore à moitié de son volume 500 centimètres cubes de l'eau à analyser; on acidule à l'aide de quelques gouttes d'acide chlorhydrique pur et l'on porte à l'ébullition. On y ajoute alors peu à peu un léger excès de chlorure de baryum, on laisse bouillir un quart d'heure environ afin d'agréger le précipité, puis on décante sur un filtre sans cendres, on lave deux ou trois fois à l'eau distillée le précipité dans le ballon où s'est faite la précipitation; on décante chaque fois puis on jette le précipité sur le filtre. On le lave une ou deux fois avec de l'eau distillée, on sèche et on calcine.

Comme durant la calcination une partie du sulfate de baryte peut être réduit par le charbon du filtre, on laisse refroidir la capsule puis on mouille le résidu obtenu de deux ou trois gouttes d'acide sulfurique pur. On chasse

l'excès d'acide par la chaleur en évitant avec soin les projections, on calcine à nouveau et l'on pèse.

On obtient ainsi, à l'état de sulfate de baryte, l'acide sulfurique des sulfates dissous dans l'eau. Ce poids multiplié par 0,34335 donne l'acide sulfurique pur à l'état anhydre.

Dosage des phosphates. — On prend 200 centimètres cubes d'eau que l'on acidule avec quelques gouttes d'acide azotique pur et que l'on évapore ensuite jusqu'à réduction à 50 centimètres cubes. On porte alors à l'ébullition et on ajoute un léger excès de solution nitrique de molybdate d'ammoniaque, on maintient encore l'ébullition pendant cinq minutes et on laisse refroidir.

Le précipité de phosphomolybdate qui se forme est lavé avec de l'acide azotique au 1/100 puis dissous sur le filtre avec une solution chaude d'ammoniaque au quart. On neutralise la liqueur ainsi obtenue avec l'acide chlorhydrique que l'on a soin d'ajouter goutte à goutte jusqu'à ce que le précipité qui se forme ne se dissolve qu'avec lenteur.

On précipite alors l'acide phosphorique à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien à l'aide de la mixture magnésienne.

Ce précipité recueilli sur un filtre, lavé à l'ammoniaque, séché, calciné et pesé donne le poids de pyrophosphate de magnésie qui, multiplié par 0,6396, fera connaître le poids d'acide phosphorique anhydre contenu dans l'eau soumise à l'expérience.

On peut encore doser les phosphates par la méthode colorimétrique de Lepierre.

On dissout dans 1000 centimètres cubes d'eau distillée, 75 milligrammes de phosphate de soude pur. On met dans des tubes jaugés à 50 centimètres cubes, des quantités déterminées et successivement croissantes de cette solution en commençant par 0,2 centimètre cube pour

s'arrêter à 20 ou 30 centimètres cubes. On ajoute dans chaque tube 2 centimètres cubes de réactif mloybdique et on complète avec l'eau distillée jusqu'à 50 centimètres cubes. On bouche hermétiquement les tubes ainsi préparés, on agite et l'on conserve. On obtient ainsi une gamme colorée.

Pour doser avec cette gamme l'acide phosphorique dans une eau, on en évapore 1000 ou 500 centimètres cubes suivant la teneur présumée en acide phosphorique, on reprend le résidu ainsi obtenu par l'acide azotique, on évapore de nouveau pour rendre la silice insoluble, on dissout une deuxième fois le résidu dans l'acide azotique et l'on étend la solution à 48 centimètres cubes dans un tube jaugé semblable à ceux qui ont servi pour la gamme colorimétrique. On ajoute 2 centimètres cubes de réactif molybdique et l'on compare la coloration à celles des liqueurs types.

Réactif molybdique. — On dissout :

Molybdate d'ammoniaque	40 gr.
Ammoniaque à 10 p. 100 (densité 0,96). . . .	160 cc.
Eau distillée	240 —

On verse la solution dans :

Acide azotique à 27,5 p. 100.	600 cc.

On laisse reposer, on filtre et l'on conserve la solution à l'abri de la lumière.

Autre préparation. — On dissout complètement.

Molybdate d'ammoniaque	30 gr.
Eau distillée	100 cc.

On ajoute ensuite :

Eau distillée	100 cc.

On agite et l'on verse la liqueur ainsi obtenue dans :

Acide azotique pur à 1,20 de densité.	200 cc.

On laisse reposer la liqueur quelques jours dans un endroit chaud, on décante si besoin est, l'on conserve à l'abri de la lumière.

Mixture magnésienne. — On dissout :

Chlorure de magnésium pur	42 gr. 50
Chlorhydrate d'ammoniaque.	50 —

dans :

Eau distillée.	400 gr.

Puis on ajoute :

Ammoniaque	200 gr.

Et l'on filtre.

Recherche des métaux toxiques. — Cette recherche se fait par les méthodes générales d'analyse qu'il serait beaucoup trop long de rapporter ici.

Si l'on désire faire le dosage des métaux ainsi décelés, comme ils seront le plus souvent en très petite quantité, on se servira de la méthode colorimétrique par comparaison.

Remarque. — L'eau à analyser peut être trouble ; si l'on désire connaître le poids des matières tenues en suspension, on en filtre un volume connu sur un filtre desséché à 100° et taré, puis après nouvelle dessiccation à 100°, on pèse. La différence entre le poids ainsi trouvé et celui du filtre fera connaître le poids des matières en suspension dans l'eau analysée.

Cette détermination se fait bien rarement, elle ne signifie que fort peu de chose.

D. — *Dosage des matières organiques et de leur produit de transformation dans le sol.*

Ces dosages sont très importants ; ils permettent de se rendre compte avec assez d'exactitude de la souillure d'une eau ; ils permettent même de savoir si cette souillure est récente ou ancienne.

Les matières organiques que nous doserons peuvent être toutes celles, animales ou végétales, que l'on peut rencontrer dans le sol.

Nous nous bornerons à donner ici leur dosage sans discussion, renvoyant pour cela à la deuxième partie de cet ouvrage.

Le procédé que nous donnons ci-dessous pour le dosage des matières organiques est le plus généralement employé ; c'est celui de Lévy. Au laboratoire de l'Institut Pasteur de Paris on dose les matières organiques en milieu acide; au laboratoire de Montsouris, on les dose en milieu acide et en milieu alcalin; au laboratoire du Comité consultatif d'hygiène publique de France, on accorde plus d'importance au dosage en milieu alcalin.

Pour ce dernier, nous avons été amenés, il y a peu de temps, à substituer à la solution saturée de bicarbonate de soude de Lévy, une solution de potasse caustique au 1/10.

Nous décrivons le procédé tel que nous l'avons toujours employé pour nos nombreuses recherches sur l'eau.

DOSAGE DES MATIÈRES ORGANIQUES

Dosage en milieu acide. — 1° Dans un matras de 100 à 150 centimètres cubes, on introduit 50 centimètres cubes de l'eau à analyser et 10 centimètres cubes, exactement mesurés, d'une solution titrée de permanganate de potasse (0,395 de permanganate de potasse pour 1000 centimètres cubes d'eau distillée), puis 10 centimètres cubes d'acide sulfurique pur dilué au 1/5 en volume. On porte à l'ébullition que l'on maintient exactement dix minutes. on laisse refroidir, puis on ajoute 5 centimètres cubes d'une solution de sulfate ferreux (sulfate de fer et d'ammonium 10 grammes, acide sulfurique 30 centimètres cubes, eau distillée quantité suffisante pour 1000 centimètres cubes). La décoloration doit être complète.

On ajoute à la liqueur ainsi obtenue, goutte à goutte à l'aide d'une burette graduée en 1/10 de centimètre cube, la solution titrée à 0,395 de permanganate de potasse par litre, jusqu'à coloration rose persistante. On note le chiffre obtenu.

2° On recommence le même dosage en opérant sur 100 centimètres cubes d'eau à analyser à laquelle on ajoute 20 centimètres cubes d'acide sulfurique au 1/5 et 10 centimètres cubes de solution titrée de permanganate de potasse. On fait bouillir exactement dix minutes, on laisse refroidir et l'on ajoute 5 centimètres cubes de la solution de sulfate ferreux. La décoloration de la liqueur doit être complète.

On ramène au rose comme précédemment avec la liqueur titrée de permanganate de potasse versée goutte à goutte à l'aide d'une burette graduée en 1/10 de centimètre cube. On note encore le chiffre obtenu.

La différence de lecture dans ces deux dosages fait connaître la quantité de permanganate de potasse nécessaire pour brûler les matières organiques contenues dans 50 centimètres cubes de l'eau à analyser.

En opérant ainsi deux fois dans des conditions rigoureusement identiques et prenant la différence, on évite les causes d'erreur reprochées à la méthode directe.

Dosage en milieu alcalin. — 1° On introduit dans un matras 50 centimètres cubes de l'eau à analyser, on y ajoute 10 centimètres cubes de la solution titrée de permanganate de potasse à 0,395 de ce sel cristallisé par litre puis 10 centimètres cubes d'une solution saturée de bicarbonate de soude.

On fait bouillir exactement dix minutes, on laisse refroidir et on verse dans la liqueur 10 centimètres cubes d'acide sulfurique pur dilué au 1/5, on agite, puis on ajoute 5 centimètres cubes de la solution acide de sulfate ferreux indiquée ci-dessus.

La décoloration doit être complète.

On détermine alors la quantité de permanganate de potasse filtrée qu'il faut verser dans la liqueur pour arriver à la coloration rose faible.

On note le volume de solution titrée employée.

2° On fait un second dosage en opérant sur 100 centimètres cubes de l'eau à analyser à laquelle on ajoute 20 centimètres cubes de solution saturée de bicarbonate de soude et 10 centimètres cubes de solution titrée de permanganate de potasse. On fait toujours bouillir exactement dix minutes, on laisse refroidir, on ajoute 20 centimètres cubes d'acide sulfurique pur au 1/5 et enfin 5 centimètres cubes de la solution acide de sulfate ferreux.

La décoloration doit être complète.

On ramène au rose faible à l'aide de la solution titrée de permanganate de potasse comme il est dit plus haut, et on lit le volume employé.

La différence entre les volumes de permanganate de potasse employés dans ces deux dosages, donne la quantité de solution titrée de permanganate de potasse nécessaire pour brûler en milieu alcalin la matière organique contenue dans 50 centimètres cubes de l'eau à analyser.

1 centimètre cube de la solution titrée de permanganate de potasse à 0,395 de sel cristallisé pour 1000 centimètres cubes d'eau distillée correspond à : 0gr,0001 d'oxygène cédé, 0gr0007875 d'acide oxalique cristallisé.

Dosage du carbone des matières organiques des eaux. — On peut évaluer la quantité des matières organiques contenues dans les eaux, en dosant le carbone de ces matières par les procédés employés dans l'analyse élémentaire des composés organiques.

On fait ce dosage sur le produit de l'évaporation d'un grand volume d'eau, on détruit les carbonates par un léger excès d'acide chlorhydrique étendu, on évapore de nou-

veau à sec, puis on détache de la capsule toute la matière adhérente, en en frottant le fond avec un peu de sable calciné ; on l'introduit dans une nacelle de platine que l'on chauffe dans le tube à combustion contenant l'oxyde de cuivre.

Ce procédé est plus rigoureux que les précédents ; mais il est rarement employé à cause de sa longueur (Villiers).

Dosage de l'ammoniaque libre et albuminoïde. — Ce dosage se fait toujours par le procédé Wanklyn et Chapmann.

On introduit dans un ballon de un litre, relié à un réfrigérant, 500 centimètres cubes d'eau préalablement alcalinisée avec un peu de carbonate de soude pur. On chauffe et on distille 50 centimètres cubes de liquide que l'on reçoit dans un tube à essai jaugé à 50 centimètres cubes. On maintient l'ébullition jusqu'à ce qu'on ait distillé 150 autres centimètres cubes qu'on rejette. On laisse refroidir, puis on ajoute aux 300 centimètres cubes restant 50 centimètres cubes d'une solution alcaline de permanganate de potasse renfermant par litre d'eau distillée 8 grammes de permanganate de potasse et 200 grammes de potasse caustique, (on fait bouillir un quart d'heure cette solution avant d'en faire usage). On chauffe de nouveau et on recueille dans trois autres tubes 150 centimètres cubes de liquide soit 50 centimètres cubes par tube.

Le premier tube contient, d'après les expériences de Wanklyn, les 3/4 de l'ammoniaque libre total. Les trois derniers contiennent l'ammoniaque provenant de la décomposition des matières organiques azotées (amides et albuminoïdes).

Pour titrer ces quatre solutions on ajoute, à chacune d'elles successivement, 2 centimètres cubes de réactif de Nessler qui produit une coloration brune ou jaune plus ou moins intense. Si, au lieu d'une coloration, il se forme un précipité, on étend d'eau distillée.

On introduit ensuite dans un autre tube, un volume connu d'une solution titrée d'ammoniaque renfermant un centième de milligramme d'ammoniaque par centimètre cube, on l'amène à 50 centimètres cubes avec de l'eau distillée et on l'additionne de 2 centimètres cubes de réactif de Nessler. Avec une burette graduée on ajoute alors le complément de solution ammoniacale nécessaire pour obtenir une coloration identique à celle du tube à titrer.

Cette addition doit être faite avec précaution afin d'éviter la production de troubles qui gêneraient la comparaison des teintes et fausseraient le résultat.

Remarque. — Les nombreux dosages d'azote des amides et des albuminoïdes que nous faisons journellement nous ont permis de remarquer qu'il était souvent nécessaire de distiller un quatrième et même un cinquième tube pour obtenir tout l'azote albuminoïde de l'eau. L'on ne saurait trop recommander de continuer la distillation jusqu'à ce que le réactif de Nessler ne donne plus de coloration avec le liquide distillé.

Réactif de Nessler.

On dissout 40 grammes d'iodure de potassium dans 100 centimètres cubes d'eau distillée chaude ; on porte à l'ébullition et on ajoute, peu à peu, du bi-iodure de mercure jusqu'à ce que ce sel ne se dissolve plus ; on laisse refroidir et l'on ajoute 400 centimètres cubes d'eau distillée. Quand la liqueur est bien reposée, on filtre puis on verse dans la solution 750 centimètres cubes de lessive de soude concentrée, pure, exempte de carbonate. Si la liqueur ainsi obtenue se trouble, on filtre et l'on conserve pour l'usage.

Autre procédé :

Iodure de potassium.	20 gr.	Soude caustique à l'alcool	50 gr.
Bi-iodure de mercure.	30 —	Eau distillée	150 —
Eau distillée.	250 —		

On introduit dans un ballon de 300 centimètres cubes, l'iodure de potassium, le bi-iodure de mercure et 50 grammes d'eau environ. On chauffe au bain-marie jusqu'à dissolution complète, puis on laisse refroidir. On ajoute à la solution ainsi obtenue 200 grammes d'eau distillée, on agite, on laisse déposer et l'on filtre dans un vase jaugé d'un demi-litre.

On ajoute alors la soude dissoute dans 150 grammes d'eau distillée, on amène la liqueur au volume d'un demi-litre avec de l'eau distillée et l'on agite. On laisse reposer pendant quarante-huit heures, on décante et l'on conserve dans des flacons de 125 grammes bouchés avec des bouchons de verre enduits de paraffine.

Malgré ces précautions, ce réactif peut déposer au bout d'un temps plus ou moins long. Il faudra avoir soin alors de ne pas agiter et de n'opérer qu'avec la solution limpide qui surnage le dépôt.

Dosage des nitrites. — Dans une éprouvette on met 100 centimètres cubes de l'eau à analyser, et dans une seconde semblable de 1 à 10 centimètres cubes de liqueur type d'azotite de soude (1 centimètre cube = 0,0001 d'acide azoteux anhydre) suivant la teneur présumée de l'eau en nitrites, on étend à 100 centimètres cubes avec de l'eau distillée.

On ajoute alors dans chaque éprouvette 1 centimètre cube d'une solution de chlorhydrate de métaphénylène diamine à 1 p. 100 et 1 centimètre cube d'acide sulfurique pur au 1/3. On agite et on laisse reposer vingt minutes: la coloration jaune se manifeste peu à peu. L'on détermine alors le rapport d'intensité des teintes et par suite la proportion des nitrites, soit au colorimètre, soit par dilution.

Si l'eau donnait une coloration orangée ou rouge ou un précipité, c'est qu'elle renfermerait beaucoup de nitrites, il faudrait alors l'étendre avec un volume déterminé, le plus souvent 1/2 ou 1/3 d'eau distillée.

Cette méthode, très sensible, est la plus généralement adoptée.

Dosage des nitrates. — Parmi les méthodes préconisées pour les azotates, nous décrirons celle du Comité consultatif d'hygiène de France que nous avons toujours employée dans nos études.

On dose les nitrates en évaporant au bain-marie, dans une capsule en porcelaine à fond plat, 10 centimètres cubes de l'eau à analyser. Après évaporation et refroidissement on promène sur les parois de la capsule 1 centimètre cube du réactif sulfophénique (acide phénique pur 75 grammes, acide sulfurique pur 925 grammes). On ajoute 5 centimètres cubes d'eau distillée et 10 centimètres cubes d'ammoniaque.

Si l'eau renferme des azotates, il se développe une belle coloration jaune. On complète le volume de liqueur ainsi obtenue à 50 centimètres cubes avec de l'eau distillée et on compare sa coloration, dans deux éprouvettes identiques, avec une gamme préparée d'avance en appliquant la même méthode à des quantités connues d'une solution titrée de nitrate de potasse renfermant 5 dixièmes de milligrammes de ce sel par centimètre cube.

Lévy dose le nitrate dans les eaux par la méthode de Schlœsing. Ce dosage est très exact.

On a préconisé encore d'autres procédés de dosage, mais tous sont entachés d'erreur lorsque l'eau renferme des nitrites qui réagissent en effet comme les nitrates. Il convient alors de déduire du chiffre des nitrates, le nitrate correspondant au chiffre du nitrite obtenu.

Dosage des azotates en présence des azotites. — On se sert d'une solution de 1 gramme d'urée dans 20 centimètres cubes d'acide acétique cristallisable et une quantité d'eau suffisante pour compléter 100 volumes.

L'expérience ayant décelé la présence des azotites, on prend 250 centimètres cubes ou un volume supérieur de

l'eau à examiner; on l'évapore au bain-marie jusqu'à ce que le volume soit réduit à 10 centimètres cubes environ et l'on fait bouillir ce résidu, pendant une minute, avec 5 centimètres cubes de la solution acétique d'urée, dans un ballon de verre que l'on tient incliné pour éviter les projections. On évapore ensuite la liqueur à une assez basse température, en chauffant doucement sur un bain-marie et l'on dose les azotates sur le résidu sec, par le procédé colorimétrique de Grandval et Lajoux (procédé adopté par le comité consultatif d'hygiène de France) (Dumesnil).

Ce procédé de dosage est exact et réalise en même temps une méthode de recherche qualitative des azotates en présence des azotites.

Il est important de faire bouillir activement le produit de l'évaporation de l'eau avec la solution d'urée pendant une minute pour que la destruction des azotites soit complète, sans prolonger plus longtemps l'ébullition, ce qui pourrait déterminer encore une destruction partielle des azotates (Villiers).

II. — Examen microscopique

L'examen microscopique des eaux que l'on ne fait que rarement peut cependant apporter bien des renseignements sur la souillure de l'eau étudiée. Certains auteurs ont pensé qu'il perdait beaucoup de son importance depuis que l'analyse bactériologique avait pris une si grande place dans l'analyse de l'eau, mais il n'en est rien, les renseignements qu'il donne étant différents de ceux fournis par l'analyse bactériologique.

Les échantillons prélevés pour l'analyse chimique peuvent servir pour l'examen microscopique; cependant, si l'on désire se faire une idée plus exacte de la flore et de la faune d'une eau, il faudra prélever des échantillons à diverses profondeurs puis prendre un peu de la vase ou du sable du fond et quelques-unes des herbes qui son

immergées ou flottent à la surface de l'eau que l'on désire étudier.

Plusieurs procédés ont été donnés pour, une fois l'échantillon prélevé, recueillir le mieux possible toutes les substances qu'il peut tenir en suspension. Les uns laissent simplement déposer l'eau dans un tube effilé, puis examinent le dépôt et les êtres ou substances restés en suspension. Certes verse dans l'eau à examiner quelques gouttes d'une solution au 1/100 d'acide osmique qui fixe dans leur forme, colore légèrement et précipite dans le fond du liquide tous les microorganismes vivants après avoir durci le protoplasma.

Villiers, dans son ouvrage sur les *Falsifications et altérations des substances alimentaires*, recommande spécialement la méthode suivante :

« On garnit l'étranglement d'un petit entonnoir avec un tampon de coton bien tassé. Après avoir imbibé ce coton d'eau distillée chaude, on verse dans l'entonnoir, par petites parties, 400 à 500 grammes de l'eau à examiner, en ayant soin de la faire couler le long de la paroi et de ne jamais laisser l'entonnoir entièrement vide. Quand les dernières portions d'eau ont été versées et quand il ne reste plus dans l'entonnoir que 5 à 10 centimètres cubes, on les verse dans un petit tube à expérience ou dans un verre de montre, après avoir pris soin d'en détacher par un mouvement giratoire, toutes les particules adhérentes aux parois de l'entonnoir. En opérant de cette façon on est assuré de posséder la presque totalité des éléments qui sont en suspension dans l'eau. »

Ces éléments très nombreux sont excessivement variés et peuvent appartenir aux trois grands règnes de la nature.

1° Matières minérales.

L'on devine à priori que les matières minérales que l'on rencontrera en suspension dans l'eau seront des particules

amorphes ou de petits cristaux empruntés aux terrains sur lesquels ou au travers desquels l'eau aura cheminé.

Ce sera : de l'argile en particules très fines et d'aspects très variés dus le plus souvent à la teneur de l'eau en matières salines (l'argile ne se dépose pas dans l'eau pauvre en sels) ; du carbonate et du sulfate de chaux, du carbonate et de l'oxyde de fer et parfois même du charbon.

Ces éléments sont très difficiles à déterminer sous ces différents états.

2° Matières végétales.

Les matières végétales, que l'on trouve dans les diverses eaux, peuvent être, soit des végétaux entiers, soit des débris plus ou moins importants.

La recherche de ces matières peut être très utile pour l'étude de la souillure de l'eau examinée.

On peut y rencontrer des champignons, des algues et de nombreux débris de végétaux divers.

On pourra considérer comme suspecte toute eau renfermant le mucor mucedo, le penicilium glaucum, l'aspergillus glaucus ; il faudrait rejeter de l'alimentation celle où l'on aurait décelé le leptomitus lacteus, le selesnoporium aquæductuum et surtout le saprolignia ferox, le zygochitrium aurantiacum et le coprinus stercorarius ; ces derniers champignons ne vivent que dans les eaux renfermant des substances en voie de putréfaction.

Les algues vertes et les algues brunes en petite quantité ne seront pas considérées comme dangereuses, leur fonction étant de décomposer l'acide carbonique et de fournir l'oxygène qui détruit les matières organiques en dissolution dans l'eau. Les oscillaires qui ne vivent que dans les eaux stagnantes devront faire considérer l'eau examinée comme suspecte.

Les algues blanches qui, au contraire des précédentes, dégagent l'acide carbonique et absorbent l'oxygène feront toujours considérer l'eau comme suspecte surtout si l'on

y rencontre le cladotrix dichotoma, le crenotrix kichniana, le beggiatoa alba et les autres beggiatoa connues aussi sous le nom de sulfuraires.

Les débris de matières végétales apportés à l'eau de surface ou aux eaux profondes mal filtrées, sont très variés ; ils peuvent provenir soit des déjections humaines, soit des eaux ménagères ou des eaux d'égout, soit des fumiers ou des purins. Il est inutile de dire que lorsque des débris pouvant provenir de ces diverses sources seront trouvés dans une eau, elle devra être rejetée.

3° Matières animales.

Ces matières peuvent être vivantes ou mortes, représenter un animal entier ou des débris d'animaux.

Les animaux vivants que l'on rencontre le plus souvent dans l'eau sont des protozoaires amébiens, foraminifères ; des infusoires flagellatés et ciliés ; des helminthes.

Les uns, comme le paramecium aurelia, le stentor polymorphus, le glaucoma scintillans ne vivent guère que dans les eaux renfermant une grande quantité de matières organiques en décomposition ; les autres comme l'amœba coli, le cercomonas hominis, le trichomonas vaginalis, le lamblia intestinalis, les divers tœnias, les douves, la biharzie, les ascarides et les oxyures, l'ankylostome duodénale et les sangsues, le balantidium-coli, sont des parasites qui ne sont introduits dans l'organisme humain que par l'eau d'alimentation.

Il est inutile de faire remarquer que les eaux renfermant ces animaux ou leurs œufs doivent être rejetées, à moins qu'on puisse les épurer par une filtration sévère ou l'ébullition. Ces eaux sont très dangereuses, plusieurs des parasites ci-dessus signalés pouvant produire des maladies graves.

Les débris animaux que l'eau peut renfermer sont nombreux et variés ; les uns, comme des poils, des plumes,

des débris d'organes d'insectes, très légers, peuvent être apportés par le vent, mais il en est d'autres dont la présence devra faire rejeter l'eau examinée : tels sont les fragments de tissus animaux; ils indiquent le plus souvent une souillure par les eaux d'égout ou le purin.

Gérardin divise les eaux suivant les animaux et les plantes qui y vivent, en quatre classes :

1° *Eaux excellentes.*

On n'y rencontre que :

Animaux : poissons, crevettes, sangsues, larves de libellules, physa fontinalis, uniopictorum, nérites, lymnées, etc., etc.

Plantes : ranonculus sceleratus, iris foetida, joncus compressus, polygonum amphibium, zanichellia palustris, myriophyllium spicatum, carex riparia, spargamium simplex, potamogéton natans, sisymbrium nasturtium.

2° *Eaux bonnes.*

Animaux : larves d'éphémères (vers rouges), dytiques, valvata piscinalis, ancillus lacustris, paludina vivipara, planorbis alba.

Plantes : épis d'eau, véroniques, phragmites communis.

3° *Eaux médiocres.*

Animaux : Lymnea ovata et stagnalis, planorbis submarginatus carneus et complanatus, sangsues noires, cyclas cornea, bythinia impura.

Plantes : roseaux, patiences, ciguës, menthes, salicaires, joncs, nénuphars (var. natans), carets.

4° *Eaux mauvaises.*

La vie animale en est exclue, l'on n'y rencontre que quelques plantes telles que les arnundo et les phragmites.

III. — Examen bactériologique

Cette partie de l'analyse de l'eau a pour but de faire connaître le nombre des germes et de déterminer, autant que possible, leur valeur hygiénique.

La numération des germes de l'eau est relativement facile, mais il n'en est pas de même de leur détermination. Il est excessivement difficile, en effet, même pour des expérimentateurs rompus à ce genre de recherche, de caractériser dans l'eau les bacilles coli et typhique lorsqu'ils y vivent concurremment ; ce sont cependant de tous les germes les plus étudiés.

En ce qui concerne la valeur hygiénique de l'eau qui renferme telle ou telle espèce microbienne, il faudra être très prudent avant de se prononcer car l'on ne sait rien ou presque rien du rôle hygiénique de la grande majorité des germes saprophytes. Tandis que Miquel pense que toutes les eaux renferment plus ou moins le bacille coli, d'autres savants condamnent toute eau renfermant le coli-bacille. On voit par ce seul exemple combien ils s'entendent peu sur l'importance à accorder à la présence ou à l'absence de tel ou tel germe, preuve qu'il n'a encore été fait sur ces questions aucune expérience bien décisive emportant la conviction de tous.

Néanmoins l'examen bactériologique de l'eau est très utile, il rend de grands services et aujourd'hui l'on ne saurait généralement tirer des conclusions sérieuses d'une analyse d'eau qui ne comporterait pas l'examen bactériologique.

Prélèvement des échantillons. — Nous avons indiqué au début de ce chapitre comment devaient être prélevés les échantillons d'eau pour l'analyse bactériologique, et pour cela nous avons évité de nous servir de matériel délicat, coûteux et le plus souvent inutile.

Nous devons cependant signaler ici, que les prélève-

ments d'eau pour l'analyse bactériologique à diverses profondeurs, se feront d'autant plus purement que l'on pourra disposer de l'appareil construit pour cet usage, soit sur le modèle de Roux, soit sur celui de Miquel.

Transport des eaux. — L'échantillon d'eau pour l'analyse bactériologique est, comme nous l'avons dit, placé dans de la glace, immédiatement après avoir été prélevé : il faut maintenant le faire parvenir au laboratoire.

Il serait bien préférable de l'ensemencer au point même du prélèvement, mais c'est là une opération peu pratique à laquelle on est obligé de renoncer le plus souvent. D'autre part comme l'on sait que le nombre des bactéries dans l'eau peut varier aux températures ordinaires, il est de toute utilité de conserver l'eau à analyser à la température de 0°, Miquel ayant montré qu'à cette température le nombre des bactéries de l'eau reste sensiblement constant.

Pour cela, les échantillons prélevés seront introduits dans des boîtes en fer blanc de leurs dimensions, hermétiquement fermées, et ces boîtes seront placées au centre d'une caisse de bois ordinaire, puis entourées de tous côtés par 2 ou 3 kilogrammes de glace concassée ; la caisse sera ensuite remplie de sciure de bois bien tassée puis soigneusement fermée et expédiée de suite, par grande vitesse, au laboratoire d'analyse.

Miquel a fait construire pour cet usage une glacière qui rendra les plus grands services si l'eau doit être expédiée très loin, mais, dans la grande majorité des cas, c'est-à-dire lorsque l'arrivée au laboratoire ne doit pas dépasser dix-huit ou vingt-quatre heures après le prélèvement, le mode d'emballage indiqué plus haut sera très suffisant.

1° Numération des germes.

Aucune méthode de numération n'a encore été présentée comme officielle. La précision des diverses méthodes

employées jusqu'ici variant avec l'habileté de l'expérimentateur, nous pensons que l'on peut employer tout système permettant d'opérer à l'état de pureté.

Dans nos études, nous avons toujours adopté la même méthode de numération, pensant que si les chiffres trouvés comme nombre de germes n'ont pas de valeur absolue, ils acquièrent une grande importance dans les essais comparatifs. Il importe donc d'opérer toujours dans des conditions rigoureusement semblables.

L'on sait en effet que, pour l'examen bactériologique, les résultats peuvent différer suivant les méthodes employées.

Deux sont surtout en usage aujourd'hui :

1° Celle de Miquel en milieu liquide : ensemencements fractionnés en bouillon.

2° Celle de Koch sur milieu solide : ensemencements sur gélatine nutritive.

Nous avons donné la préférence à ce dernier mode de numération, pour deux raisons :

1° Il n'exige pas de matériel encombrant ;

2° Avec le bouillon on se trouve souvent dans l'incertitude, car il n'est pas toujours facile de reconnaître aisément s'il ne s'est pas développé plusieurs espèces dans le même ballon.

Nous suivons le modus faciendi suivant :

L'on prépare, à l'avance, des tubes de gélatine et un certain nombre de flacons renfermant, les uns 9 centimètres cubes d'eau distillée, les autres 99 centimètres cubes ou 499 centimètres cubes de la même eau, le tout parfaitement stérilisé. On prélève alors, après avoir préalablement agité l'échantillon, 1 centimètre cube de l'eau soumise à l'analyse que l'on porte purement soit dans un flacon renfermant 9 centimètres cubes d'eau distillée stérilisée, soit dans un de ceux qui en renferment 99 ou 499.

L'on obtient ainsi des dissolutions au 1/10, ou au 1/100, ou au 1/500.

On agite ensuite légèrement en ayant soin de ne pas mouiller, avec le liquide, le bouchon de coton qui ferme les flacons stérilisés.

On met ensuite au bain-marie à 35° ou 40°, un ou plusieurs tubes de gélatine qui, à cette température se liquéfie.

Lorsque cette liquéfaction est obtenue, on verse chaque tube de gélatine dans une boîte de Pétri stérilisée de 8 ou 10 centimètres de diamètre intérieur, et cela en soulevant le couvercle supérieur, très légèrement, de façon à éviter le plus possible l'apport des germes de l'air.

On introduit ensuite dans des boîtes distinctes, ainsi préparées, 1 centimètre cube des diverses solutions, toujours en évitant le contact de l'air. On agite légèrement en inclinant les boites de droite à gauche jusqu'à ce que le mélange soit parfait.

Ces boîtes, soigneusement étiquetées, doivent porter la date et le chiffre de la dilution. On les place sur une surface unie et horizontale dans une étuve à la température de 20° à 22°.

Il est inutile de dire que toutes ces manipulations doivent être faites avec des instruments ayant subi une stérilisation rigoureuse.

La majorité des auteurs recommandent d'ensemencer la gélatine dans les tubes mêmes, d'agiter sans secousses afin d'éviter les bulles d'air.

Dans notre pratique journalière, nous avons pu remarquer que cet inconvénient était bien plus facilement évité, en ensemençant la gélatine après l'avoir coulée dans les boîtes de Pétri.

En agissant ainsi, non seulement on évite la formation des bulles d'air, mais encore on assure plus rapidement au mélange une homogénéité parfaite.

Les cultures obtenues devront être examinées chaque jour et comptées le plus tardivement possible. Il arrive parfois que les bacilles liquéfiants rendent la numération très incertaine, il faudra dans ce cas, si l'on désire se faire une

idée à peu près exacte de la teneur en germes de l'eau analysée, avoir recours aux ensemencements dans le bouillon ou à l'emploi de gélatine gélose que l'on ensemence au moment où elle va se solidifier.

Le plus souvent, les eaux renfermant des bacilles liquéfiants étant des eaux suspectes, on pourra arrêter la numération dès que l'on ne pourra plus compter les colonies.

Le nombre des colonies apparues, multiplié par 10, 100 ou 500 suivant la dilution employée, donnera le nombre de germes contenus dans 1 centimètre cube de l'eau à analyser.

Il faudra toujours, en donnant les résultats, faire connaître le titre de la dilution employée et le nombre de jours après lequel la numération a été faite.

L'idéal serait de pouvoir dénombrer les différentes espèces obtenues, malheureusement, dans l'état actuel de la science, il est impossible d'agir ainsi car la flore bactérienne des eaux est encore peu connue. C'est à peine si les expérimentateurs les plus exercés peuvent se permettre, en dehors de quelques germes pathogènes parfaitement étudiés, la détermination d'espèces le plus souvent douteuses.

Il est utile dans ces recherches, pour avoir des chiffres plus exacts, de répéter les mêmes opérations plusieurs fois de suite et de prendre les moyennes des résultats ainsi obtenus.

Aucun chiffre ne saurait être donné dans ces conditions comme limite du nombre des germes devant se rencontrer dans les eaux potables. Ici, bien plus encore que pour les matières organiques, la qualité des espèces prime la quantité. Un germe pathogène sera toujours plus dangereux que des milliers de saprophytes.

En dehors de quelques microbes d'action douteuse, il en est qu'il faut toujours rechercher dans l'eau, tant à cause de la fréquence de leur découverte dans ce milieu

que de leur action néfaste sur l'organisme. De ce nombre, sont tous les germes pathogènes vivant, comme nous le verrons, plus ou moins de temps dans l'eau, ou ne s'y rencontrant qu'accidentellement.

De tous les germes pathogènes pouvant vivre un certain temps dans l'eau, le bacille d'Eberth ou bacille typhique est le plus important, et nul n'ignore aujourd'hui, que c'est grâce à sa présence dans ce milieu que l'on voit naître et se développer tout à coup tant de redoutables épidémies de fièvre typhoïde, qui ont trop souvent décimé les populations rurales et urbaines.

Il ne faudrait pas conclure de ce qui précède que la numération des germes est peu utile, ce serait là une erreur. Cette numération nous renseigne, en effet, sur la souillure de l'eau examinée, elle permet surtout de comparer entre elles les diverses numérations d'une même eau et de voir ainsi si cette eau conserve sa valeur première, elle permet aussi de se rendre compte, dans une certaine mesure, de la valeur d'un filtre ou d'un procédé quelconque d'épuration.

Le nombre des germes est encore utile à connaître parce qu'une eau qui en renferme beaucoup est une eau contaminée ou facilement contaminable, qui peut renfermer beaucoup de matières organiques en voie de transformation et dans laquelle il est très difficile de trouver les pathogènes; de plus il faut craindre le retour à l'activité des saprophytes qui la peuplent.

D'autre part, l'on commence à étudier la valeur de certaines associations qui augmentent ou diminuent la virulence de tel ou tel pathogène et rien ne prouve que dans l'eau il n'existe pas d'associations semblables; le nombre des germes de l'eau fournira donc une indication toujours utile et il faudra nous en contenter tant que nous ne saurons compter les espèces, ce qui a déjà été tenté.

2° Recherche des bacilles pathogènes.

Cette détermination des bacilles pathogènes dans l'eau est incontestablement la partie la plus difficile de l'analyse de l'eau; elle demande, pour être bien conduite, une grande habitude des opérations bactériologiques et des connaissances très variées. Si elle ne progresse que très lentement c'est que toutes les questions qu'elle soulève sont hérissées de difficultés.

L'on ne saurait, à l'heure actuelle, séparer, puis étudier isolément, pour les caractériser, les divers bacilles de l'eau, pas plus que l'on ne sait séparer et doser ses matières organiques, mais les savants qui se sont occupés de cette question capitale, laissant de côté la grande majorité des germes de l'eau, ont plus particulièrement porté leurs investigations sur les germes pathogènes qui ont été rencontrés dans ce milieu. Les plus étudiés sont le bacille d'Eberth ou bacille typhique et le bacille virgule de Koch ou bacille du choléra.

Nous n'indiquerons ici, faute de place, que sommairement la recherche et la caractérisation de ces deux bacilles, renvoyant pour plus de détails aux nombreux travaux parus sur ces questions et aux ouvrages techniques traitant plus spécialement de l'analyse bactériologique de l'eau.

A. — *Recherche du bacille d'Eberth.*

Le bacille d'Eberth (fig. 7) qui ne vit que peu de temps dans l'eau, est excessivement difficile à déceler, d'autant plus que l'eau renferme presque toujours le bacille coli ou bacille d'Escherich qui est un microbe très voisin de celui de la fièvre typhoïde.

Depuis près de vingt ans bien des bactériologistes éminents se sont occupés de séparer et de caractériser ces deux germes et c'est à peine si on y arrive aujourd'hui en

suivant la longue et méticuleuse méthode de Pouchet et Bonjean.

Les bacilles coli et typhique sont si voisins que pendant un certain temps l'on a cru, sur les travaux de MM. Rodet et Roux de Lyon, que ces deux bacilles étaient un seul et même germe. Cette idée, vivement combattue, n'est pas encore scientifiquement réfutée aujourd'hui. Elle a

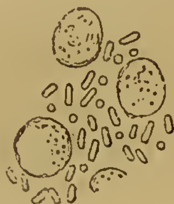



Fig. 7. — Bacilles de la fièvre typhoïde, vus à un grossissement de quinze cents fois : sur la même préparation on voit 3 ou 4 globules rouges du sang.

fait naître de nombreux travaux qui ont eu pour résultats de montrer qu'il existait toute une gamme de colibacilles plus ou moins virulents, se rapprochant ou s'éloignant de l'Eberth.

L'on a admis certaines réactions différentielles qui sont devenues classiques, tout en étant cependant insuffisantes. Ce sont les suivantes :

Colibacille.	*Bacille d'Eberth.*
Colonies sur pommes de terre : épaisses jaunâtres, ou minces et vernissées presque invisibles.	Colonies sur pommes de terre : minces, vernissées presque invisibles.
Végétation *très intense* sur gélatine.	Végétation *peu intense* sur gélatine.
Culture en bouillon lactosé et tournesolé *passe rapidement au rouge* et engendre des gaz.	Culture en bouillon lactosé et tournesolé *reste bleu* et engendre *rarement* des gaz.
Réaction de l'indol.	Réaction de l'indol *exceptionnelle*.
Coagule le lait.	Ne coagule pas le lait.

Ajoutons à ces différences, celles que l'on peut tirer de la séro-réaction de Vidal, en employant des cultures ayant vingt-quatre heures au plus et l'inoculation aux animaux.

Les bacilles coli et typhique sont recherchés dans l'eau par la méthode de Vincent et mieux encore par celle de Péré pharmacien-major de l'armée, qui est généralement adoptée. Ces méthodes sont basées sur la résistance du bacille d'Eberth et d'Escherich en milieu phéniqué aux hautes températures (30 à 36°).

Si elles permettent de séparer ces deux germes des autres espèces que l'eau peut renfermer, elles ne permettent pas de différencier le bacille coli du bacille typhique lorsqu'ils seront associés. Du reste Grimbert, professeur agrégé à l'École supérieure de Pharmacie de Paris, a montré que lorsque l'on ensemence dans une même eau le coli et le typhique, ce dernier disparaît très vite, ces conclusions ont été confirmées par d'autres savants et notamment par Chantemesse, Nicole et Wurtz.

Comme le coli-bacille est l'hôte ordinaire de l'intestin, on le rencontre toujours dans l'eau souillée par les matières fécales, c'est lui que l'on a pu montrer « neuf fois sur dix et peut-être davantage, sous couleur du bacille typhique » (Arnould).

Dans l'état actuel de nos connaissances, il y aura donc lieu de toujours tenir comme suspecte l'analyse qui mentionnerait à côté du colibacille, le bacille d'Eberth.

Nous ne donnerons ici pour la recherche du coli et du typhique que la méthode de M. Péré, telle que cet auteur l'a décrite dans le *Journal de pharmacie et de chimie* du 1er juin, 91.

« Dans un récipient jaugé d'un litre, stérilisé (matras ou ballon), on introduit :

100 centimètres cubes de bouillon de bœuf normal (parties égales de viande de bœuf et d'eau), neutre et stérile.

50 centimètres cubes d'une solution de peptone pure à 10 p. 100, également neutre et stérile et 600 à 700 centimètres cubes de l'eau à analyser.

On ajoute alors 20 centimètres cubes exactement mesurés d'une solution d'acide phénique pure à 5 p. 100 et

on emplit jusqu'au trait de jauge avec l'eau suspecte.

Le liquide obtenu que j'appellerai liquide A, contient donc par litre, 1 gramme d'acide phénique et 830 centimètres cubes d'eau suspecte.

On le répartit en dix vases stérilisés, fioles, ballons, matras, munis de leurs bouchons de ouate et on le porte à la température moyenne de 34°.

Il ne faut pas dépasser 36°; on risquerait, par l'application un peu soutenue d'une température plus élevée, d'atteindre trop vivement les microbes que l'on recherche et de stériliser le terrain.

La température de 32 à 36° est très convenable.

Un trouble se produit dans le cas d'une eau polluée par les espèces susdites, non pas à heure fixe, mais d'autant plus vite que la pollution est plus forte, et que la température s'est maintenue plus élevée dans les limites assignées.

On pourra déjà observer ce trouble vers la douzième heure, généralement entre la quinzième et la vingtième heure, mais seulement vers la trentième heure si la pollution est réduite à des traces : circonstance qui ne se présentera que rarement sans doute, mais que l'on peut réaliser par l'expérience.

Dès que le trouble est bien évident, on ensemence le liquide A à l'aide d'un fil de platine flambé et recourbé en boucle, d'une part, dans un tube de bouillon normal, qui pourrait déjà donner une culture pure de l'un des organismes que l'on recherche et d'autre part sur un nouveau liquide stérilisé, renfermant comme le premier 1 gramme d'acide phénique, 5 grammes de peptone et 100 centimètres cubes de bouillon normal par litre, et réparti dans des tubes à essai.

J'ensemence deux de ces tubes et les expose pendant six heures à la température moyenne de 34°. A ce moment, que leur contenu soit trouble ou limpide, on l'ensemence par le même moyen que précédemment dans deux autres

tubes où les organismes subissent leur troisième passage en liquide phéniqué dans les mêmes conditions de température. On attend cette fois que le trouble se produise, l'ensemencement de ce dernier liquide sur bouillon normal donne, après quelques heures d'étuve, une culture pure du bactérium coli commune, du bacille d'Eberth, ou un mélange des deux espèces, comme on peut le vérifier par culture sur plaque de gélatine.

Je me suis assuré que les deux microbes supporteraient encore deux nouveaux passages sur liquide phéniqué, espacés de six heures, comme il en est pour le deuxième et le troisième passage; on pourrait donc pratiquer ces passages nouveaux en vue de séparer quelques espèces étrangères ayant résisté au traitement.

L'application de cette technique à l'examen d'échantillons d'eaux polluées naturellement ou artificiellement a montré que les dix vases remplis du liquide A se troublent tous en général et l'observation de leur culture montre partout le même organisme. Il suffirait donc, le plus souvent, de préparer et traiter 100 centimètres cubes de liquide A correspondant à 83 centimètres cubes d'eau suspecte, sauf à répéter l'expérience sur un litre en cas de résultat négatif et si l'examen de la canalisation, les recherches chimiques ou toute autre circonstance faisaient soupçonner une pollution.

J'ai réalisé ce cas d'une eau ne renfermant que des germes très rares, en diluant au millième un échantillon ensemencé avec une culture de bactérium coli commune et de bacille typhique, et qui, pour 1 centimètre cube, donnait sept colonies pouvant se rapporter à ces deux espèces. L'eau diluée renfermait donc environ sept germes par litre. Sur les dix matras contenant le liquide A, deux se sont troublés vers la trentième heure, trois autres vers la trente-sixième heure, les cinq derniers restaient limpides.

Les espèces qui résistent au premièr passage en terrain

phéniqué sont celles qui ont été signalées par M. Vincent. Comme cet observateur, j'ai vu le microbe d'Eberth affecter la forme en diplocoque mobile, forme passagère, due à l'action du milieu phéniqué; mais il récupère ses attributs morphologiques habituels par un ensemencement ou une série de trois ensemencements sur le bouillon normal.

Le bactérium coli commune trouble le liquide, le plus souvent, avant le bacille typhique, de sorte que si les deux espèces se trouvaient dans le même milieu, on pourrait craindre, à priori, que le premier se présentât seul après le troisième passage. L'expérience directe n'a pas justifié cette crainte; la méthode des plaques a montré que les deux microbes vivaient côte à côte dans le bouillon normal, après le premier et après le troisième passage en terrain phéniqué. »

Nous avons tenu à citer textuellement le travail de M. Péré, afin de lui laisser toute sa valeur.

Comme on le voit, le grand avantage de cette méthode est de permettre d'opérer sur une grande quantité d'eau et de donner ainsi à la recherche plus de chances de succès. Avant la méthode de M. Péré on jugeait une eau sur 1 centimètre cube et l'on devait conclure sur l'ensemble d'une source, d'un puits, d'une nappe, etc.; on peut prévoir qu'il devait arriver bien des mécomptes, surtout si l'eau était souillée, car alors il pouvait fort bien se faire que les dix ou quinze gouttes d'eau ensemencées ne renferment aucun des huit ou dix germes typhiques que pouvait contenir un litre d'eau.

Ce n'est que lorsque, par cette méthode, on a pu isoler une culture pure, que l'on fait les diverses réactions caractéristiques du coli et de l'Eberth. Il ne faut pas oublier qu'il existe toute une gamme de bacille-coli se rapprochant plus ou moins de l'Eberth et qu'il faut savoir distinguer de ce dernier.

Pouchet et Bonjean préconisent, comme nous l'avons

déjà dit, une méthode aussi longue que délicate, dans laquelle intervient l'inoculation aux animaux, méthode qu'il serait beaucoup trop long de rapporter ici, et qui, d'après ces savants, permettrait d'être absolument fixé sur la présence ou l'absence du bacille typhique ou du bacille-coli dans les eaux et sur le degré de virulence de ces espèces.

Tout récemment, MM. Grimbert et Legros ont préconisé une méthode qui permettrait de séparer assez sûrement l'Eberth du coli ; nous citons, textuellement, leur communication (*Journal de pharmacie et de chimie*, 1er septembre 1901).

« Parmi les réactions biochimiques qui permettent de différencier le coli-bacille du bacille d'Eberth, la plus importante est certainement celle qui se rapporte à leur action sur le lactose. Nous avons montré récemment que la faculté de faire fermenter ce dernier sucre persistait chez le bacille-coli alors même que les artifices de culture avaient réussi à lui faire perdre ses autres fonctions. De sorte que toutes les fois qu'on se trouve en présence d'un bacille présentant l'ensemble des propriétés négatives du bacille d'Eberth, il est indispensable de s'assurer d'abord qu'il n'attaque plus le lactose.

On a, dans ce but, imaginé un grand nombre de procédés qui tous reposent sur ce fait que l'attaque du sucre de lait par le coli-bacille donne naissance à des acides. Par conséquent, tout milieu renfermant à la fois du lactose et un réactif coloré capable de virer sous l'action des acides pourra être utilisé pour cette recherche. Le nombre de ces milieux est considérable. Il faut croire qu'aucun d'eux ne remplit entièrement les conditions exigées puisque leur nombre a toujours été en augmentant.

C'est d'abord le milieu si complexe de Nœggerath, la gélose fuchsinée de Gasser, la gélatine tournesolée de Würtz, la gélose à la rubine de Ramond, etc. ; puis des milieux à base de bleu soluble, de phtaléine du phénol ou

de fluorescéine. Rothberger a essayé dans ce but un grand nombre de couleurs d'aniline, le carmin indigo et des extraits d'orseille. On peut dire que tous les indicateurs colorés ont été essayés avec plus ou moins de succès, et l'on peut se demander à quoi bon ce luxe de réactifs, quand il s'agit tout simplement de constater si un milieu de culture est acide ou non.

Cela tient surtout à ce que ces diverses préparations manquent de sensibilité. Et il ne peut guère en être autrement. La plupart sont à base de gélose ou de gélatine nutritives plus ou moins alcalinisées; c'est surtout dans les milieux à base de phtaléine ou de couleurs d'aniline décolorées par les alcalis que ce défaut de sensibilité se fait remarquer; car cette décoloration ne peut être obtenue qu'à l'aide d'un excès d'alcali et ce dernier est ajouté au juger. Par conséquent, si on a affaire à des bacilles-coli peu actifs, il peut arriver que la faible acidité qu'ils développent en attaquant le lactose soit insuffisante pour saturer l'excès d'alcali ajouté sans mesure, et le virage ne se produit pas.

D'autre part, certains auteurs auraient rencontré des bacilles typhiques authentiques qui auraient acidifié légèrement leurs milieux lactosés. Ici, on est en droit de se demander si le lactose employé était pur et bien exempt de glucose, ou si dans la préparation du milieu aucune action capable d'intervertir le lactose, n'est intervenue.

C'est sans doute pour remédier à ce défaut de sensibilité que Petruchsky, il y a déjà une dizaine d'années, a proposé l'emploi du petit-lait tournesolé, qui jouit en Allemagne d'une réputation que rien ne justifie d'ailleurs, comme nous allons le démontrer.

En voici la préparation :

Du lait frais est porté à une douce chaleur avec une quantité suffisante d'acide chlorhydrique pour précipiter la caséine. Le liquide filtré est ensuite additionné de soude diluée jusqu'à ce qu'on n'observe plus qu'une réaction

légèrement acide. On le chauffe alors pendant une heure ou deux dans le four à vapeur de Koch pour achever de précipiter la caséine. On filtre, on neutralise exactement et on le colore ensuite à l'aide de teinture de tournesol sensibilisée.

D'après Petruchsky, A. Fischer et d'autres auteurs, c'est le réactif différentiel par excellence du bacille typhique, du bacille coli et du bacille fœcalis alcaligenes.

Cette dernière espèce, isolée par Petruchsky d'échantillons de bière gâtée, puis ultérieurement de selles typhiques, aurait l'aspect et tous les caractères négatifs du bacille d'Eberth; elle pousserait seulement très activement sur pomme de terre et ne serait pas agglutinée par le sérum des animaux immunisés contre le bacille typhique.

Ensemencé sur le petit lait tournesolé, le bacille fœcalis alcaligenes le trouble en vingt-quatre heures et donne une réaction alcaline en quarante-huit heures.

Le bacille typhique le trouble à peine et l'acidifie légèrement.

Le bacille-coli le trouble abondamment en donnant une forte acidité.

La préparation d'un tel milieu est chose délicate, car il est important de neutraliser exactement le petit-lait, si l'on veut avoir un réactif sensible; d'autre part, si l'on dépasse si peu que ce soit cette neutralité, l'alcali agissant sur le lactose donne, lors de sa stérilisation, un milieu plus ou moins coloré. On ne peut songer, dans ce but, comme nous nous en sommes assurés, à l'emploi du carbonate de chaux, car l'acide chlorhydrique, et d'ailleurs n'importe quel acide, l'acide tartrique, agissant sur la caséine du lait, donne un acide albumine soluble qui ne se laisse pas neutraliser par la craie, même à l'ébullition, de sorte qu'on est obligé de recourir à la soude.

Petruchsky l'a si bien compris qu'après avoir proposé son petit-lait comme réactif, il a eu soin d'avertir les bac-

tériologistes qu'ils le trouveront tout préparé et contre argent comptant, à la maison X... et Cie, laquelle a le monopole de sa fabrication.

Mais il y a autre chose à signaler. De l'aveu même de son auteur, le bacille d'Eberth, donne dans ce petit-lait une réaction légèrement acide. Ceci suffit à en faire rejeter l'emploi. Cette acidité provient de ce que le petit-lait en question renferme du glucose et il ne peut en être autrement : ce glucose a pris naissance sous l'action de l'acide chlorhydrique pendant les deux heures de chauffe au four à vapeur. C'est ce que démontre l'expérience suivante :

Une solution peptonée de lactose pur est divisée en deux parties. L'une d'elles est additionnée d'un millième d'acide chlorhydrique et chauffée pendant deux heures au bain-marie, puis neutralisée au carbonate de chaux. Les deux solutions sont ensuite stérilisées, colorées par de la teinture de tournesol sensible et stérile, puis ensemencées avec du bacille d'Eberth. Le tube renfermant la solution ayant subi l'action de l'acide chlorhydrique vire seul au rouge au bout de vingt-quatre heures, par suite de l'attaque par le bacille du glucose formé, l'autre se trouble sans changer de teinte.

Cette expérience démontre une fois de plus quel soin minutieux il faut apporter dans le choix des réactifs et dans la préparation des milieux de culture, en bactériologie.

Nous proposons à notre tour, pour remplacer le petit-lait tournesolé, un milieu beaucoup plus simple, plus sensible et que tout le monde peut préparer sans être obligé de s'adresser à une fabrique spéciale. Il s'agit tout simplement d'une solution peptonée de lactose pur, parfaitement neutre et additionnée de teinture de tournesol sensibilisée :

Pour cette préparation, trois choses sont nécessaires :

1° *Du lactose pur :* il est indispensable de s'assurer de

la pureté du sucre de lait et le meilleur réactif est encore le bacille d'Eberth lui-même. Si le sucre est pur, le milieu que nous allons décrire, ensemencé avec du bacille d'Eberth ne doit jamais virer au rouge, quel que soit le temps après lequel on examine la culture. Pour purifier le lactose, on commence par lui faire subir plusieurs cristallisations troublées dans l'eau et on termine par une cristallisation dans l'acool faible.

2° *De la peptone :* ici la nature même de la peptone a peu d'importance. Il faut de préférence choisir une peptone donnant une solution peu colorée et ne possédant pas de réaction alcaline.

3° *Une teinture de tournesol sensible*, c'est-à-dire possédant une teinte violacée intermédiaire entre le rouge et le bleu et virant facilement sous l'influence de la moindre trace d'acide ou d'alcali. Pour la préparer, nous suivons exactement le procédé indiqué par M. Jungfleich dans ses manipulations de chimie.

La neutralisation de notre solution est obtenue au moyen du carbonate de chaux pur et bien lavé, exempt de carbonate de soude. Voici comment nous opérons :

Dans une capsule de porcelaine on porte à l'ébullition la solution suivante :

Lactose pur.	2 gr.
Peptone	0,50
Eau distillée	100 cc.

et on y ajoute une petite quantité de carbonate de chaux pur. On filtre au bout de cinq minutes et on s'assure par la teinture de tournesol que le liquide a une réaction neutre et non acide ou acaline.

On peut alors, ou bien répartir cette solution dans des tubes à essai et les stériliser à 40° pendant un quart d'heure, ou mieux filtrer la solution à la bougie et la répartir ensuite dans des tubes stérilisés. D'autre part, la teinture de tournesol est stérilisée à l'autoclave. Après refroidissement,

on ajoute dans chaque tube de solution de lactose une quantité suffisante de teinture de tournesol, environ 0,05 à 1 centimètre cube, et on place les tubes en observation à l'étuve à 37° pendant quarante-huit heures.

Ensemencé dans ce milieu, le bacille d'Eberth se cultive bien, mais ne donne lieu à aucun changement de teinte, même au bout de huit jours.

Le coli le fait rapidement virer au rouge.

Cette faculté d'attaquer le lactose persiste, comme nous l'avons déjà dit, chez les coli les plus dégénérés, alors même qu'ils ne donnent plus de dégagement gazeux appréciable dans une solution de lactose additionnée de craie, ce qu'on n'obtiendrait pas si notre milieu était même légèrement alcalin au lieu d'être parfaitement neutre.

Tous les bacilles typhiques authentiques que nous avons essayés se sont comportés de la même manière : jamais nous n'avons eu le moindre virage au rouge.

Il est évident que notre milieu n'a pas la prétention de constituer à lui seul un réactif différentiel unique des bacilles coli et typhique. Il permet seulement de s'assurer si un bacille donné attaque ou n'attaque pas le lactose et à ce point de vue sa sensibilité est très grande.

Si dans la formule que nous donnons, on remplace le lactose par d'autres hydrates de carbone, on pourra de la même manière étudier l'action des bactéries sur les différents sucres.

C'est ainsi que nous nous sommes assurés, une fois de plus, qu'un certain nombre de bacilles coli authentiques d'origines variées, donnant la réaction de l'indol, n'attaquent pas le saccharose. Sur 10 échantillons examinés, 3 seulement jouissaient de cette propriété.

En résumé, de tous les indicateurs susceptibles de décider l'action fermentative du bacille coli sur le lactose, c'est encore la teinture de tournesol bien préparée qui est le plus sensible.

Le petit-lait tournesolé de Petruchsky n'offre aucun

avantage et son mode défectueux de préparation doit le faire rejeter.

Le procédé très simple que nous avons donné permet d'obtenir une solution neutre et très sensible de lactose, facile à préparer dans tous les laboratoires. »

L'on voit donc, par tout ce qui précède, combien est difficile la caractérisation du bacille d'Eberth dans l'eau où il ne vit que très peu de temps et où il faudrait, en quelque sorte, le saisir au passage. C'est ce qui explique qu'il n'y soit généralement signalé qu'après qu'il a fait des victimes.

B. — *Recherche du bacille du choléra.*

Ce bacille (fig. 8), a été découvert par Koch en 1884 dans l'intestin des cholériques.

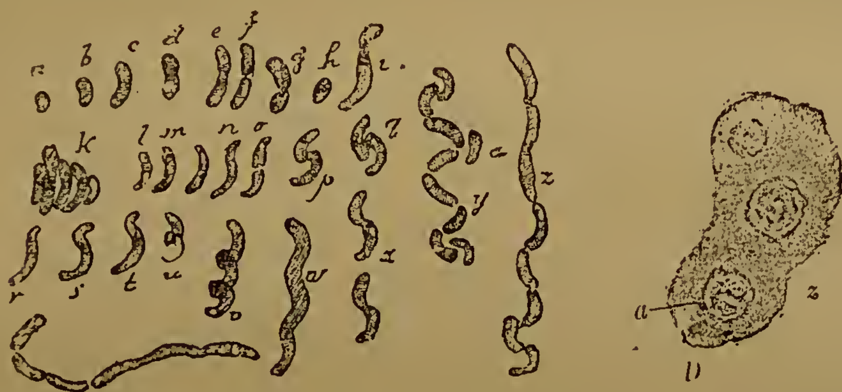


Fig. 8. — Microbe du choléra ou *Bacillus komma* de Koch.
a-z. les différentes formes qu'il présente dans son accroissement et sa division en cellules (très fort grossissement). — D, cultures du même bacille (vues à la simple loupe).

Depuis cette époque, la contagion hydrique du choléra a été démontrée et c'est pour cela que la recherche de ce bacille dans l'eau, où il vit quelque temps, est très importante.

Pour rechercher ce bacille on prend 300 centimètres cubes de l'eau à analyser, puis on y ajoute 3 grammes de peptone, 3 grammes de sel marin, 6 grammes de gélatine. On verse ce mélange dans un vase à large surface, un cristallisoir ou un grand ballon que l'on porte dans une étuve chauffée à 37°.

Six à huit heures après, il se forme à la surface du mélange un voile qui renferme un grand nombre de bacilles cholériques.

Pour obtenir les vibrions cholériques purs on prélève, à l'aide d'un fil de platine flambé, une petite quantité de cette pellicule que l'on délaye dans une petite quantité d'eau stérilisée (10 ou 15 centimètres cubes) qui sert ensuite à ensemencer des plaques de gélatine.

On peut encore ensemencer la pellicule obtenue dans des tubes d'eau peptonée, jusqu'à ce que l'on obtienne une culture pure.

Que l'on se serve de l'un ou de l'autre procédé de réensemencement que nous venons d'indiquer, dès que l'on aura une culture pure, on devra constater les caractères suivants.

1° Sur plaque de gélatine, on voit rapidement apparaître de petites colonies semblables à des gouttes de rosée formée de bords irréguliers, enfermés dans un cercle régulier de liquéfaction qui creuse la gélatine en entonnoir au fond duquel se trouve la colonie.

2° En piqûre dans un tube de gélatine, il donne un entonnoir de liquéfaction très profond au fond duquel se trouve la colonie.

3° Sur gélose il forme rapidement une colonie épaisse opalescente.

4° Sur pomme de terre il donne en vingt-quatre heures une culture épaisse brun clair ou café au lait.

5° En bouillon, il donne au bout de vingt-quatre heures un voile gris surnageant le liquide qui reste transparent et qui est impropre à la culture de presque toutes les autres bactéries.

6° Si l'on ajoute à une culture en milieu peptonisé quelques gouttes (V à X) d'acide chlorhydrique ou tout autre acide minéral, il se produit de suite la coloration rose indolnitreuse.

7° Une culture sur gélose injectée dans le péritoine

d'un cobaye donnera une péritonite mortelle avec hyperthermie mais sans crampes ni diarrhée caractéristique.

8° En inoculant suivant la méthode Metchnikoff des cultures virulentes de vibrions cholériques à des lapins nouveau-né, on obtiendrait le choléra intestinal.

9° Le sérum anticholérique doit agglutiner à petites doses, en dix minutes, une culture trouble de vrai vibrion cholérique, l'agglutination sera constatée au microscope.

Il ne faut pas oublier que le vibrion cholérique affecte un pléomorphisme très large : le plus souvent c'est un bacille court, en virgule, mais parfois on le rencontre en longs filaments spiralés ou en forme ronde ressemblant beaucoup au microcoque.

La température la plus favorable à son développement est de 37 à 38°.

La dessiccation, les antiseptiques faibles le tuent facilement, une température de 50 à 55° le tue en une heure. Il cesse de se développer à + 17° et résiste à la température de 10°.

C'est un microbe facultatif le plus souvent mobile et pourvu de cils, qui se colore facilement par le violet de méthyle et le bleu de Loffler et se décolore par le gramm.

Arrivé à la fin de l'analyse de l'eau il serait utile de faire connaître ici l'interprétation que l'on doit donner à ses divers résultats, mais nous pensons que cette valeur sera d'autant mieux établie qu'elle aura été mieux étudiée et, par suite, qu'elle trouvera naturellement sa place, partie après l'étude des matières organiques de l'eau, partie après celle des germes.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DES MATIÈRES ORGANIQUES DES EAUX

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

Malgré tout ce qui a été publié jusqu'à ce jour sur l'eau, les matières organiques diverses qu'elle renferme sont encore bien imparfaitement connues et les différents procédés de dosage mis en œuvre, ne donnent qu'une idée bien incomplète de sa composition.

Il serait très intéressant et fort utile de connaître et de pouvoir séparer, pour les doser, les différentes substances organiques que l'on y rencontre, mais c'est là une question bien obscure et qui n'a pas encore reçu de solution.

L'étude des matières organiques de l'eau comporte, en effet, non seulement la recherche de leur origine, de leur transformation et de leur dosage en bloc, mais encore leur séparation et leur différenciation. Ce sont cette séparation et cette différenciation qui rendent leur étude longue et délicate.

L'eau peut, en effet, renfermer toutes les matières organiques que l'on rencontre dans l'air ou dans le sol, soit intactes, soit en voie de transformation, soit encore les termes ultimes de cette décomposition. Étudier les matières organiques de l'eau revient donc à étudier toutes ou presque toutes celles, végétales ou animales, que l'on trouve dans la nature.

L'eau en renferme généralement très peu, des milligrammes seulement, ce qui complique encore leur séparation. Cette dernière ne pourra avoir lieu, que lorsque l'on connaîtra des réactifs assez délicats pour déceler les diverses substances organiques avec une sensibilité telle, que l'on puisse en caractériser même des traces.

La chimie de l'eau est donc intimement liée à la chimie organique et l'étude de ses matières organiques fera d'autant plus de progrès, que cette dernière permettra de mieux séparer les divers corps en séries nettement délimitées et connues, et même de caractériser chaque corps dans chaque série.

On voit combien est complexe l'étude des matières organiques de l'eau et pourquoi cette étude fait peu de progrès.

Les phénomènes chimiques qui s'accomplissent dans l'eau, sont intimement liés aux phénomènes biologiques dont le résultat est toujours une action physico-chimique.

Plus une eau renferme de matières organiques, plus elle doit posséder de germes, de ferments divers pour les amener par des dégradations successives jusqu'à leur minéralisation.

Les germes jouent, en effet, un grand rôle dans l'eau, non seulement ils y transforment les matières organiques mais encore ils sécrètent parfois à leur tour des toxines qui peuvent être toxiques pour l'homme, ou nuisibles seulement au développement d'autres espèces microbiennes. Ces faits, très étudiés, sont encore peu connus.

Ce sont les innombrables facteurs de tous ces faits et les complexes réactions auxquelles ils donnent lieu en réagissant les uns sur les autres, qui rendent si difficile l'étude des matières organiques de l'eau. C'est à peine s'il est permis de penser que l'on arrivera un jour, à caractériser tous ces corps.

Dans l'état actuel de la science, on cherche à doser en bloc toutes les matières organiques et l'on n'a encore

trouvé aucun procédé qui permette de s'en faire une idée bien exacte. Tous ceux préconisés jusqu'à ce jour sont, comme nous le verrons, des procédés approchés, pouvant convenir à la même eau, mais dont les résultats ne peuvent être généralisés qu'avec une extrême prudence.

L'on sait, actuellement, que parmi les matières organiques de l'eau il en est de redoutables, tandis que d'autres, absorbées à grandes doses, ne peuvent causer aucun malaise, il faudrait pouvoir les distinguer sûrement.

Dans les premières, la science tend à classer les matières organiques azotées et les germes.

Il faudrait en outre savoir si la chimie peut rendre compte de la proportion des matières organiques attribuables aux microbes et aux toxines sécrétées et excrétées par eux.

Ayant la connaissance des résultats ainsi acquis, on pourra se prononcer sur la valeur d'une eau mais l'analyse restera incomplète, elle dosera des catégories, des classes de corps, mais pas spécialement le toxique qui doit la faire rejeter.

A l'heure actuelle on peut encore déclarer une eau suspecte, mais quand on y dosera les diverses substances organiques qu'elle renferme et que l'on y caractérisera, avec sûreté, les germes pathogènes, elle sera dite bonne ou mauvaise, conclusion ferme, ne prêtant pas à l'ambiguïté.

Mais avant d'aborder l'étude de ces distinctions, il nous a paru nécessaire de savoir comment les matières organiques en général sont apportées à l'eau, quelles transformations elles y subissent, comment elles en sont éliminées.

Nous avons entrepris cette étude, ce qui nous permet d'apporter ici des faits nouvaux, utiles à la solution de cette importante question.

Il fallait aussi voir si les divers dosages des matières organiques pouvaient renseigner l'hygiéniste sur leur origine, ce qui n'est pas sans importance, car c'est encore

sur cette origine que l'on se base pour en déterminer la valeur hygiénique.

Bien des travaux ont été faits sur cette question ; à la suite de ceux que nous avons été amenés à faire sur ce même sujet, nous avons pu nous créer cette conviction, que les résultats trouvés par bien des expérimentateurs ne sont dissemblables qu'en apparence et qu'il suffit de ne faire dire aux faits que ce qu'ils veulent dire sans trop les généraliser pour voir disparaître les contradictions.

Lorsque l'on se trouve en présence d'un milieu aussi complexe que l'eau, il ne faut jamais se presser de conclure du particulier au général ; une généralisation trop hâtive pouvant induire en erreur les chercheurs qui ne voudraient ou ne pourraient, faute de temps, voir ce qu'il faut prendre ou rejeter dans une conclusion insuffisamment établie.

CHAPITRE II

ORIGINES DES MATIÈRES ORGANIQUES DE L'EAU LEURS TRANSFORMATIONS

En étudiant les souillures de l'eau, nous avons déjà parlé de l'origine des matières organiques, nous ne les rappellerons que sommairement.

A. — *Origine des matières organiques de l'eau*

L'eau, depuis la condensation des vapeurs qui lui donnent naissance, jusqu'au moment où elle est consommée, ne cesse de trouver, dans les diverses phases qu'elle traverse, des souillures organiques.

Lorsque les nuages se résolvent en pluie, cette dernière entraîne avec elle toutes les poussières de l'atmosphère et commence ainsi à se charger de matières organiques. Arrivée au sol, elle le lave, entraîne tous les détritus dont il est constamment souillé et c'est ainsi qu'elle arrive aux diverses couches géologiques. Ces couches, suivant leur composition et leur épaisseur, seront des filtres plus ou moins parfaits et donneront, par suite, des nappes profondes plus ou moins pures. Dès que ces nappes reverront le jour, soit en donnant naissance à des sources, soit qu'on les atteigne avec des puits, les souillures organiques recommenceront avec des intensités différentes, c'est vrai, mais toujours d'une manière sensible.

Il ne faut donc pas s'étonner si l'on ne rencontre jamais d'eau absolument vierge de toute matière organique.

Maintenant que nous savons comment l'eau se charge

de ces diverses substances, étudions les transformations qu'elles subissent dans ce milieu.

B. — *Transformation des matières organiques dans l'eau.*

Les transformations que subissent les matières organiques dans l'eau sont excessivement complexes, aussi sait-on peu de choses sur elles.

Toutes les substances que l'eau peut renfermer semblent avoir une action plus ou moins directe sur les matières organiques ; mais c'est surtout sa teneur en oxygène et en germes qui peut influer plus ou moins sur la dégradation de ces matières.

Il n'est pas possible, dans un milieu aussi complexe, de caractériser tous les termes de cette dégradation et c'est à peine si l'on connaît aujourd'hui les termes ultimes, tout en ignorant les différents états intermédiaires.

On pense que les matières organiques ternaires disparaissent à l'état d'acide carbonique et d'eau, et que les matières organiques azotées donnent, comme terme ultime de leur dégradation, des nitrates.

Pour expliquer ces faits, on a mis en cause des diastases que sécrètent certains ferments, et toute une infinie variété de germes.

Après la solubilisation des matières organiques par les diastases, des germes différents viendraient agir sur elles pour les amener successivement à des états plus simples et, comme les phases diverses de ces dégradations sont peu connues, on fait entrer en jeu, autant d'espèces de germes que l'on suppose de phases nécessaires. Ces hypothèses ont été en partie vérifiées par les travaux de Winogradsky et la découverte des ferments nitreux et nitriques.

Il serait évidemment très intéressant de pouvoir suivre, pas à pas, la dégradation des matières organiques, malheureusement nous ne pensons pas que l'on puisse encore être bien fixé sur elle.

En dehors de l'action des germes, il faut encore tenir compte de l'action de l'air, de l'oxygène que l'eau peut renfermer et aussi de celle de la lumière, qui ont une grande importance et jouent un rôle non négligeable dans la combustion des matières organiques de l'eau ; on y arrive tant bien que mal dans les laboratoires et c'est ce qui a permis de les connaître, mais dans la nature il en est tout autrement, ces actions successives de nos laboratoires sont superposées, elles entrent en œuvre presque toutes à la fois en produisant une grande variété de substances qui peuvent réagir les unes sur les autres pour donner des corps nouvaux.

Il faut donc, après les savantes expériences de laboratoire, voir comment les matières organiques se comportent dans l'eau.

Nous avons entrepris, à cet effet, toute une série d'expériences sur les diverses eaux servant le plus souvent à l'alimentation : eaux de sources, de rivières et de puits.

Nous avons prélevé nous-même la majorité des échantillons et nous y avons dosé : l'azote nitrique et nitreux, l'ammoniaque libre et albuminoïde, les matières organiques oxydables au permanganate de potasse en milieu alcalin et en milieu acide, l'oxygène.

Les eaux, après analyse, ont été conservées six mois dans des bouteilles en verre vert, de 6 litres, fermées par un tampon d'ouate hydrophile et placées à l'abri de la lumière directe, dans une cave à température à peu près constante.

Elles se trouvaient ainsi au contact de l'air, à l'abri des poussières exposées à une lumière diffuse, c'est-à-dire réalisant assez exactement les conditions dans lesquelles se trouvent les eaux conservées dans les citernes.

Après ce laps de temps, nous avons prélevé, avec toutes les précautions désirables, dans chacune des eaux ainsi conservées, un échantillon provenant des parties

supérieures, puis un second échantillon pris au fond même de la couche liquide.

Les divers échantillons ont été soumis aux mêmes dosages que l'eau conservée. Ce sont les différences qui existent entre ces dosages et les premiers faits six mois auparavant qui nous permettront de suivre les transformations de la matière organique primitivement contenue dans ces eaux.

Nos expériences ont porté sur dix eaux de puits, trois eaux de rivières ou ruisseaux, trois eaux de sources; une eau de source et une eau de rivière ainsi étudiées ont été épurées par le perchlorure de fer et le bicarbonate de soude, puis conservées dans les mêmes conditions que les eaux ci-dessus.

Pour bien montrer combien sont divers les résultats que l'on obtient, nous ferons connaître, en détail, pour chaque eau, les transformations apportées, après six mois de conservation dans les conditions indiquées, à leur composition organique.

Tous les résultats sont exprimés en milligrammes par litre. Les matières organiques ont été dosées par le procédé Lévy, l'ammoniaque libre et albuminoïde par celui de Wanklyn et Chappmann.

I. — Eau des puits.

Les puits dont les eaux ont servi à nos expériences sont tous creusés dans des alluvions sur marnes et situés dans des cours ou des jardins entourés de maisons, souvent à 10 ou 15 mètres de fosses fixes.

PUITS A

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.		
Azotates		130	Azotates		170
Azotites		3	Azotites		0
Ammoniaque.	Libre	traces.	Ammoniaque	Libre	traces.
	Albumin.	0,12		Albumin.	0,10
Oxygène		10,4	Oxygène		6,2
Matières organiques.	Mil. alcal.	3,6	Matières organiques.	Mil. alcalin.	H 2,8
					B 3,2
	Mil. acide.	3,4		Mil. acide.	H 2,6
					B 4,2
Dépôt : nul, eau légèrement trouble.			Dépôt : assez abondant, formé de silice (sable).		

Pour cette eau, ce rapprochement montre que : les azotates augmentent, les azotites ont disparu, l'ammoniaque libre et albuminoïde sont restés sensiblement les mêmes.

Les matières organiques dosées en milieu alcalin diminuent surtout dans les couches supérieures du liquide ; celles dosables en milieu acide diminuent légèrement dans les couches supérieures de l'eau pour augmenter dans ses couches inférieures.

Pour les matières organiques dosables, en milieu acide, cette augmentation et cette diminution se compensent et il est facile de se rendre compte qu'elles n'ont pas été touchées, tandis que celles dosables, en milieu alcalin, ont diminué.

L'oxygène diminue aussi notablement.

Le dépôt, long à se former, est terreux, assez dense pour laisser très limpides les couches liquides immédiatement en contact avec lui.

L'augmentation des azotates provient ici de l'oxydation des azotites, d'une quantité à peine sensible d'azote albuminoïde et de l'azote contenu dans les matières

organiques dosables en milieu alcalin qui ont disparu.

La perte d'oxygène laisse supposer que ce gaz a pu servir à la nitrification qui a été assez intense puisque tout l'azote des matières organiques disparu a passé à l'état d'azotate, c'est-à-dire à son terme ultime d'oxydation.

PUITS B

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.		
Azotate		50	Azotates		50
Azotites		0	Azotites		traces.
Ammoniaque	Libre	0	Ammoniaque	Libre	0
	Albumin.	traces.		Albumin.	0,08
Oxygène		12,6	Oxygène		3,9
Matières organiques	Mil. alcal.	1,8	Matières organiques	Mil. alcalin.	H 1 / B 5,8
	Mil. acide	3		Mil. acide	H 3,2 / B 11,4
Dépôt : nul, eau un peu trouble.			Dépôt : assez abondant.		

Dans cette eau, les azotates sont restés constants ; les azotites ont apparu ; l'ammoniaque albuminoïde a légèrement augmenté.

Toutes les matières organiques ont augmenté dans de grandes proportions. Comme ces matières ne pouvaient être augmentées par l'apport de souillures extérieures, ou par celui des matières organiques du vase renfermant l'eau, vase qui avait été parfaitement nettoyé, il est à supposer que les matières organiques contenues dans l'eau lors de la première analyse ont subi des transformations qui les rendaient plus décelables, ou bien que leurs produits de dégradation absorbent plus d'oxygène pour être brûlés que les matières organiques primitivement contenues dans l'eau.

L'oxygène a notablement diminué.

Toute la masse liquide est légèrement trouble, le dépôt très volumineux est peu dense.

Ici s'observe ce fait paradoxal : une augmentation de matières organiques dosables au permanganate de potasse concordant avec une diminution notable d'oxygène, une légère augmentation de l'azote albuminoïde et l'apparition des azotites.

Il nous paraît rationnel de penser qu'une partie des matières organiques primitivement contenues dans l'eau a disparu, et que son azote n'a pas été totalement brûlé puisque les nitrates n'ont pas augmenté, mais est en voie de transformation active et a donné une légère augmentation d'ammoniaque albuminoïde et d'azotites. Ici encore l'oxygène a dû jouer le rôle d'oxydant.

Cet exemple s'ajoute à bien d'autres pour montrer que le dosage des matières organiques par le permanganate laisse bien à désirer, même appliqué à une même eau.

Puits C

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.		
Azotates		80	Azotates		80
Azotites		0	Azotites		0
Ammoniaque	Libre	0,18	Ammoniaque	Libre	0,18
	Albumin.	0,24		Albumin.	0,30
Oxygène		9,7	Oxygène		3,7
Matières organiques	Mil. alcalin	2,2	Matières organiques	Mil. alcalin.	H 1,8 B 2,4
	Mil. acide	1,2		Mil. acide	H 0,2 B 1,1
Dépôt : nul.			Dépot : à peine sensible.		

Pour cette eau, les azotates et les azotites restent constants.

Il en est de même de l'ammoniaque libre ; l'ammoniaque albuminoïde augmente sensiblement.

L'oxygène diminue d'une façon notable.

Les matières organiques décelables par le permanganate en milieu alcalin sont peu touchées. Si elles diminuent

dans les couches supérieures du liquide, c'est pour augmenter, à peu près d'autant, dans les couches inférieures. En revanche celles dosables en milieu acide ont notablement diminué.

L'azote des matières organiques qui ont disparu peut avoir donné l'augmentation d'azote albuminoïde observée, mais malgré la grande perte d'oxygène, nous n'observons ni azotites ni augmentation d'azotates.

PUITS D

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.		
Azotates		90	Azotates		90
Azotites		0	Azotites		0
Ammoniaque	Libre	traces.	Ammoniaque	Libre	traces.
	Albumin.	0,20		Albumin.	0,20
Oxygène		10,2	Oxygène		4,2
Matières organiques	Mil. alcal.	4,0	Matières organiques	Mil. alcalin.	H 2,2 B 2,6
	Mil. acide	3,8		Mil. acide	H 2,4 B 3,2
Dépôt : nul.			Dépôt : très sensible.		

L'on observe ici avec la constance des azotates des azotites et de l'ammoniaque, une diminution notable d'oxygène.

Le dépôt qui s'est formé est excessivement ténu, presque gélatineux et par suite peu dense. Il s'est formé dès les premiers jours de la conservation de l'eau ; sa précipitation complète était faite en huit jours.

Nous avons pu nous rendre compte que ce dépôt était presque entièrement formé de sesquioxyde de fer, ce qui expliquerait la grande consommation d'oxygène. Ce dépôt gélatineux aurait entraîné en se formant une grande partie des matières organiques de l'eau avec lui.

Ce qui paraît prouver qu'il en est ainsi, c'est que nous n'observons aucune augmentation des azotates, des azotites de l'ammoniaque libre et albuminoïde.

Puits E

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.		
Azotates		65	Azotates		80
Azotites		0	Azotites		0
Ammoniaque.	Libre	0	Ammoniaque.	Libre	0
	Albumin.	traces.		Albumin.	0,06
Oxygène		9.8	Oxygène		3,9
Matières organiques.	Mil. alcalin.	2,4	Matières organiques.	Mil. alcalin.	H 1,0
					B 1,6
	Mil. acide.	3,0		Mil. acide.	H 2,0
					B 2,8
Dépôt : nul.			Dépôt : nul.		

Dans cette eau les azotates augmentent très sensiblement, les azotites restent nuls.

L'ammoniaque albuminoïde augmente légèrement.

L'oxygène diminue, comme toujours, notablement.

Toutes les matières organiques diminuent beaucoup.

Certaines matières azotées ont été amenées à leur maximum de minéralisation c'est-à-dire à l'état d'azotate, tandis que d'autres donnaient une légère augmentation de l'azote albuminoïde.

Puits F

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.		
Azotates		70	Azotates		80
Azotites		0	Azotites		0
Ammoniaque.	Libre	traces.	Ammoniaque.	Libre	traces.
	Albumin.	0,10		Albumin.	traces.
Oxygène		10.2	Oxygène		6
Matières organiques.	Mil. alcalin	2,6	Matières organiques.	Mil. alcal.	H 1,4
					B 2
	Mil. acide.	3,0		Mil. acide.	H 1,4
					B 2,2
Dépôt : nul.			Dépôt : sensible.		

Les azotates ont augmenté ; l'azote albuminoïde a presque entièrement disparu.

L'oxygène a peu diminué.

Une partie des matières organiques a dû être entraînée dans le dépôt, tandis que l'azote de l'autre partie et l'azote albuminoïde primitivement contenu dans l'eau, ont donné l'augmentation des azotates.

Le dépôt renfermait des traces de fer.

PUITS G

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.		
Azotates		40	Azotates		40
Azotites		0	Azotites		traces.
Ammoniaque.	Libre	0,24	Ammoniaque	Libre	Non dosé faute d'eau.
	Albumin.	0,65		Albumin.	
Oxygène		8,2	Oxygène		2,2
Matières organiques.	Mil. alcalin	6,2	Matières organiques.	Mil. alcal.	H 4,0 B 8,8
	Mil. acide	5,4		Mil. acide.	H 3,6 B 10,8
Dépôt : trouble léger.			Dépôt : très abondant.		

Cette eau est en voie de complète transformation. Si les azotates y restent constants, on voit apparaître les azotites.

L'oxygène a considérablement diminué.

Les matières organiques qui semblent avoir diminué dans les couches supérieures du liquide paraissent augmenter beaucoup dans les couches inférieures.

Il est à supposer ici, comme pour le puits B, que les transformations subies par les matières organiques ont donné naissance à des produits exigeant, pour être brûlés, plus d'oxygène que les produits primitifs.

Il est fort probable qu'à côté de l'augmentation des azotites, on aurait aussi constaté une augmentation de

l'ammoniaque albuminoïde si le dosage avait pu être fait.

Malgré la disparition presque totale de l'oxygène, la minéralisation des matières organiques est très incomplète.

PUITS II

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.		
Azotates		80	Azotates		100
Azotites		0	Azotites		0
Ammoniaque.	Libre	0	Ammoniaque,	Libre	Non dosé faute d'eau
	Albumin.	0,08		Albumin.	
Oxygène		9,8	Oxygène		3,2
Matières organiques.	Mil. alcalin	2,2	Matières organiques.	Mil. alcal.	H 1,6 B 2,0
	Mil. acide	3,2		Mil. acide	H 1,2 B 2,8
Dépôt : nul.			Dépôt : nul.		

Le dosage de l'ammoniaque n'ayant pu être fait, faute d'eau, lors de la deuxième analyse, il est difficile de se rendre compte des transformations accomplies dans cette eau en six mois. Cependant, la perte d'oxygène et l'augmentation des azotates laissent supposer qu'une partie des matières organiques disparues ont été oxydées et amenées à l'état d'azotates.

PUITS I

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.		
Azotates		80	Azotates		80
Azotites		0	Azotites		0
Oxygène		10,2	Oxygène		3,8
Matières organiques.	Mil. alcalin	4	Matières organiques.	Mil. alcalin.	H 2,8 B 3,2
	Mil. acide	5,2		Mil. acide	H 4,4 B 5,4
Dépôt : nul.			Dépôt : peu abondant.		

Tandis que les azotates et les azotites ne changent pas, l'oxygène diminue d'une façon notable.

Les matières organiques ont diminué.

L'azote libre et albuminoïde n'ayant pu être dosé, les transformations accomplies dans cette eau ne peuvent être suivies. La disparition de l'oxygène laisse supposer qu'elles ont été en partie brûlées.

Puits J

Première analyse			Deuxième analyse Six mois après.		
Azotates		40	Azotates		50
Azotites		0	Azotites		0
Oxygène		10	Oxygène		4,2
Ammoniaque.	Libre	0	Ammoniaque.	Libre	0
	Albumin	traces.		Albumin	0,08
Matières organiques.	Mil. alcalin	1,6	Matières organiques.	Mil. alcalin.	H 0,4 B 1,2
	Mil. acide	3,2		Mil. acide	H 2,2 B 3,0
Dépôt : nul.			Dépôt : peu abondant.		

Dans cette eau, les azotates augmentent en même temps que l'azote albuminoïde.

L'oxygène et les matières organiques diminuent. A part les azotites, l'on retrouve ici le cycle des transformations des matières organiques azotées en admettant que ces matières suivent les dégradations classiques que nous avons énumérées.

II. — Eaux des rivières.

RIVIÈRE A (MOSELLE)

Échantillon prélevé sous le pont de Dommartin à Toul, après une période de sécheresse.

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.		
Azotates		0	Azotates		0
Azotites		0	Azotites		0
Ammoniaque	Libre	traces.	Ammoniaque	Libre	0,05
	Albumin.	0,07		Albumin.	0,10
Oxygène		15,6	Oxygène		2,4
Matières organiques	Mil. alcalin.	2,4	Matières organiques	Mil. alcalin.	H 1,6 B 2,0
	Mil. acide	1,8		Mil. acide	H 1,2 B 2,0
Dépôt : nul.			Dépôt : à peine sensible.		

Pas d'azotates ni d'azotites. Légère augmentation de l'azote libre et albuminoïde — Disparition presque totale de l'oxygène.

Les matières organiques ont peu diminué ; elles ont cependant donné une légère augmentation de l'azote libre et organique.

RIVIÈRE B

Échantillon prélevé après une période de sécheresse dans le canal d'alimentation du canal de la Marne au Rhin.

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.		
Azotates		moins de 5 millim.	Azotates		moins de 5 millim.
Azotites		0	Azotites		0
Ammoniaque	Libre	0	Ammoniaque	Libre	0
	Albumin.	0,13		Albumin.	0,20
Oxygène		11,2	Oxygène		3,7
Matières organiques	Mil. alcalin.	2,0	Matières organiques	Mil. alcalin.	H 0,6 B 1
	Mil. acide	0,4		Mil. acide	H 0,2 B 0,6
Dépôt : nul.			Dépôt : presque nul.		

Dans cette eau on remarque encore, avec une grande diminution d'oxygène, une augmentation de l'azote albuminoïde.

Les matières organiques en très petites quantités dans l'eau ont à peine diminué. Celles dosables en milieu acide n'ayant pas été touchées, on peut attribuer l'augmentation de l'azote organique à celles dosables en milieu alcalin, qui ont disparu.

Rivière C (Ingressin).

Échantillon prélevé après deux jours de pluie.

Première analyse			Deuxième analyse Six mois après.		
Azotates.		30	Azotates.		50
Azotites.		0	Azotites.		traces.
Ammoniaque.	Libre.	0,32	Ammoniaque.	Libre.	0,34
	Albumin..	1,80		Albumin..	2,00
Oxygène.		7,0	Oxygène.		
Matières organiques.	Mil. alcalin.	9,4	Matières organiques.	Mil. alcalin.	H 3,2 B 10,6
	Mil. acide.	8,6		Mil. acide.	H 4 B 14,3
Dépôt : nul, trouble.			Dépôt : abondant, assez dense.		

L'on observe, pour cette eau manifestement souillée, une augmentation très sensible de l'azote nitrique, de l'azote ammoniacal et de l'azote des albuminoïdes et des amides.

L'oxygène a presque entièrement disparu.

Les matières organiques dosables en milieu alcalin paraissent diminuer, tandis que les matières organiques dosables en milieu acide semblent augmenter.

Nous nous trouvons ici en présence d'une eau en voie de transformation active, eau dans laquelle une partie des matières organiques disparaît et où l'on peut déceler toutes les phases intermédiaires de son oxydation.

III. — Eaux de sources.

SOURCE A

Naît dans des alluvions sur marne.

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.		
Azotates		10	Azotates		20
Azotites		0	Azotites		0
Ammoniaque.	Libre	0	Ammoniaque.	Libre	0
	Albumin.	0,06		Albumin.	traces.
Oxygène		10,9	Oxygène		6
Matières organiques.	Mil. alcal.	0,8	Matières organiques.	Mil. alcalin.	H 0,2 B 0,6
	Mil. acide.	0,4		Mil. acide.	H 0,2 B 0,4
Dépôt : nul.			Dépôt : nul.		

Les azotates augmentent du simple au double tandis que l'on observe une diminution d'azote organique, d'oxygène et la disparition de la moitié des matières organiques dosables en milieu alcalin.

SOURCE B

Naît dans le calcaire oolithique.

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.		
Azotates		moins de 5 millim.	Azotates		moins de 5 millim.
Azotites		0	Azotites		0
Ammoniaque.	Libre	0,04	Ammoniaque.	Libre	traces.
	Albumin.	0,10		Albumin.	0,18
Oxygène		12,4	Oxygène		5,2
Matières organiques.	Mil. alcalin.	1,2	Matières organiques.	Mil. alcalin.	H 0,4 B 0,8
	Mil. acide.	1,0		Mil. acide.	H 0,6 B 0,8
Dépôt : nul.			Dépôt : nul.		

Pour cette source, les azotates n'ont pas varié, l'azote albuminoïde a augmenté dans de très grandes proportions, presque du simple au double, l'oxygène a beaucoup diminué.

Les matières organiques en petites proportions ont diminué de plus de 50 p. 100 sans donner d'augmentation d'azotates.

Source C

Naît dans le calcaire oolithique.

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.		
Azotates. . .		moins de 5 millim.	Azotates. . .		moins de 5 millim.
Azotites.		0	Azotites.		0
Ammoniaque.	Libre. . .	0	Ammoniaque.	Libre. . .	0
	Albumin..	traces.		Albumin..	0,08
Oxygène.		10	Oxygène.		6,9
Matières organiques.	Mil. alcalin. .	0,8	Matières organiques.	Mil. alcalin.	H 0,2 B 0,4
	Mil. acide. .	1,4		Mil. acide. .	H 0.6 B 1,4
Dépôt : nul.			Dépôt : nul.		

Dans cette eau, comme pour les autres eaux de sources, les azotates restent constants, on n'y décèle pas d'azotites.

L'azote albuminoïde augmente légèrement tandis que la matière organique diminue beaucoup.

IV. — Eaux épurées.

par le perchlorure de fer et le bicarbonate de soude.

Puits G

PREMIÈRE ANALYSE			DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.
Matières organiques.	milieu alcalin	2.4	H : 0.8 B : 1.2
	milieu acide.	2	H : 1,0 B : 1,8

RIVIÈRE C

	PREMIÈRE ANALYSE		DEUXIÈME ANALYSE Six mois après.
Matières organiques.	milieu alcalin	3.6	H : 1,8 B : 2,8
	milieu acide.	3	H : 2,0 B : 2,6

Ces eaux, avant épuration, ne se conservaient pas et leur matière organique, comme on l'a vu, semblait augmenter.

Après épuration , la matière organique notablement diminuée, continue à disparaître.

Nous avons donné en détail, les résultats des expériences ayant porté sur dix-huit eaux différentes, afin de bien montrer au lecteur, combien est complexe l'étude des transformations des matières organiques dans l'eau.

Pour suivre avec précision ces transformations, il faudrait pouvoir doser sûrement les diverses matières organiques de l'eau, caractériser leurs divers produits de désagrégation et doser exactement les matières azotées.

Dans l'état actuel de la science, cela est impossible.

Nous verrons, en effet, plus loin, que les procédés adoptés pour le dosage des matières organiques des eaux, de même que ceux préconisés pour le dosage de l'azote organique, ne sont que des procédés approchés, n'ayant de valeur que pour une même eau et encore cette valeur est amoindrie par le fait de la transformation des matières organiques dans l'eau, transformation qui peut donner des produits plus ou moins oxydables par les permanganates.

Il faudrait encore, pour voir si les contradictions souvent observées sont réelles ou apparentes, pouvoir poursuivre l'étude d'un grand nombre d'eaux conservées,

comme nous l'avons indiqué, pendant très longtemps, une ou deux années au moins, en multipliant les dosages. Ainsi, on arriverait sans doute à saisir pour chacune d'elles, les diverses phases des transformations des matières organiques et à voir si elles peuvent réellement être enfermées dans le cycle de dégradations admis aujourd'hui. Il faudrait aussi isoler dans ces eaux les ferments, les germes qui doivent, suivant la théorie admise, fluidifier, dissoudre les matières organiques et présider ensuite à diverses phases de leur minéralisation. Ce sont là des problèmes qui nécessitent encore de longues études et qui ne pourront être résolus que lorsque la chimie de l'eau aura fait des progrès.

Malgré les imperfections des méthodes d'analyse, les résultats des expériences ci-dessus permettent certaines conclusions générales.

En effet, en comparant entre eux les divers résultats acquis, on voit que :

1° L'oxygène diminue d'une façon notable dans toutes les eaux ;

2° La dose des matières organiques a partout varié.

Les variations ainsi constatées dans toutes nos expériences montrent : que la matière organique dosable au permanganate de potasse en milieu alcalin est celle qui disparaît en grande quantité. Dans la plupart des cas, la matière organique dosable en milieu acide est peu ou point touchée.

3° Les matières organiques augmentent ou diminuent ; toujours les deux tiers supérieurs de l'eau sont moins souillés que le tiers inférieur.

Ce résultat est important car il montre que l'eau s'épure par le repos, que les matières organiques tendent à tomber vers le fond, agissant ainsi comme les germes.

De là découle une première conséquence utile en hygiène : dans l'installation des pompes qui servent à

puiser l'eau dans les citernes, il faudra placer l'ouverture de prise à une distance assez éloignée du fond afin d'éviter de distribuer, à chaque manœuvre de pompe, de l'eau souillée.

L'eau inférieure servira utilement au nettoyage des citernes.

Si l'on n'emmagasine que des eaux pures, cet inconvénient sera évité, la couche liquide tout entière pouvant alors servir à l'alimentation sans danger, ce que montrent les eaux de sources conservées. Si, au contraire, on conserve des eaux notablement souillées, elles se putréfient : Puits B, Rivière C.

4° La disparition des matières organiques est généralement accompagnée d'une augmentation des azotates ou de l'azote albuminoïde, sans qu'il soit possible d'établir un rapport entre les variations de la matière organique et celles de l'azote minéral ou organique.

Les azotites ne sont décelés que dans les eaux en voie de transformation active, il y aura donc lieu de tenir comme très suspectes les eaux où l'on en rencontrera.

Afin de voir si l'eau conservée dans les citernes se comportait bien comme celles que nous avions étudiées, nous avons fait des prélèvements d'échantillons dans une citerne des environs de Toul.

Cette citerne a 25 mètres de long, 10 mètres de large, et 5 mètres de profondeur. Au moment du prélèvement, la hauteur d'eau est de 3 mètres. Cette eau est dans la citerne depuis quarante-huit jours. Il n'y a eu, durant ce laps de temps, que de rares et peu abondantes pluies d'orage.

Nous avons prélevé, avec tous les soins nécessaires, un premier échantillon d'eau à 20 centimètres de la surface, un deuxième à $1^{m},70$, et enfin un troisième à $2^{m},70$. Nous avons dosé dans chacun de ces échantillons les matières organiques dosables au permanganate en milieu alcalin et

en milieu acide et avons obtenu les résultats suivants :

Eau prélevée à $0^{m},20$ de la surface :

Matières organiques.	Milieu alcalin. . . .	1,2
	Milieu acide	1

Eau prélevée à $1^{m},70$.

Matières organiques.	Milieu alcalin. . . .	2,0
	Milieu acide	2,8

Eau prélevée à $2^{m},70$ c'est-à-dire à 30 cent. du fond.

Matières organiques.	Milieu alcalin. . . .	3,6
	Milieu acide	3,2

Ces résultats montrent que les eaux étudiées se comportent bien comme des eaux de citernes.

Nous avons pensé alors que certaines matières organiques, en disparaissant, pouvaient donner comme déchet des azotates, tandis que d'autres ne produisaient que de l'azote albuminoïde. Cela ressort de nos expériences où l'on observe, en même temps qu'une disparition de matières organiques, une augmentation soit d'azotates, soit d'ammoniaque albuminoïde et deux fois toutes les deux ensemble : Puits J, rivière C.

Mais, étant donné que l'azote albuminoïde peut, dans des transformations ultérieures, donner des azotites et des azotates, rien ne prouve que les augmentations de l'azote albuminoïde constatées n'eussent, avec plus de temps, subi l'oxydation qui devait terminer leur minéralisation.

Les deux hypothèses peuvent être soutenues.

A côté des résultats constants, toujours exacts, que nous avons mentionnés, nous avons pu en observer un grand nombre d'autres desquels il serait difficile de vouloir tirer une conclusion bien nette. En effet, nous constatons avec des disparitions ou des augmentations de matières organiques, toute une série de variations dans l'azote minéral et organique, variations complexes sans lien bien apparent et où l'expérience ne révèle pas le cycle classique : azote albuminoïde, azotites, azotates.

M. le pharmacien aide-major Sarthou vient de faire paraître dans le *Journal de pharmacie et de chimie* du 1er février 1902, une étude sur l'azote contenu dans les eaux de citernes, étude que nous croyons utile de consigner ici, elle fait en quelque sorte suite à nos études personnelles sur les transformations des matières organiques dans l'eau.

« A la suite de nombreuses analyses d'eaux prélevées à Orléansville, dans des citernes, à diverses profondeurs, nous avons constaté que les eaux de surface étaient très sensiblement plus riches en azotates que les eaux prises près du radier.

Jusqu'ici, on savait que la matière organique augmente au fur et à mesure qu'on se rapproche du radier ; nous avons constaté qu'il en est de même, d'une façon générale, pour l'ammoniaque libre et l'azote albuminoïde. L'azote, dans ces deux formes, est généralement plus abondant dans les eaux de surface, contrairement à l'azote nitrique.

Nous donnons, à la page suivante, les résultats obtenus, exprimés en milligrammes par litre.

L'oxygène dissous diminue de la surface au radier, mais cette diminution n'est pas proportionnelle à la quantité d'azote nitrique formé ; il est vrai que pareille détermination est fort difficile ; au fur et à mesure que l'oxygène dissous sert aux oxydations, l'eau de la surface en prend à l'air ; mais il n'en est plus de même pour l'eau de la profondeur : les échanges gazeux s'opèrent à 4 ou 6 mètres, avec une grande difficulté et une extrême lenteur ; aussi les oxydations y sont-elles beaucoup moins intenses qu'à la surface.

C'est ce qui explique la disparition rapide de la matière organique des eaux de surface et leur richesse plus considérable en nitrates.

Le ferment nitrique existe dans les eaux ; il est aérobie et nitrifie d'autant plus rapidement qu'il a plus d'oxygène à sa disposition. Ce fait a été mis en évidence avec

NOMS DES CITERNES	PROFONDEUR en mètres	CONTENANCE en mètres cubes		MATIÈRES ORGANIQUES EN O		AMMONIAQUE libre et sels ammoniac.	AZOTE albuminoïde	OXYGÈNE dissous	NITRATES	NITRITES
				SOLUTION alcaline	SOLUTION acide					
Grande citerne	6	2.000	H	0.1924	0	0.04	0.17	7.50	1	0
			B	2.308	1.539	0.08	0.26	6.253	2.5	0
Château d'eau	3	20	H	1.125	2.613	traces	0.11	6.52	8	0
			B	1.316	3.232	traces	0.16	5.483	2.5	0
Citerne porte d'entrée hôpital .	4	150	H	0.962	1.279	0.02	0.16	6.637	2.52	
			B	1.346	1.924	0.03	0.17	5.387	2	0
Citerne manutention	1	200	H	1.539	0.364	traces	0.164	8.94	1.25	0
			B	1.731	0.865	traces	0.142	8.08		
Citerne bâtiment C	3.10	580	H	1.337	1.375	traces	0.028	4.75	12.5	
			B	1.626	1.913	traces	0.072	3.16	6.20	0

beaucoup de netteté par M. Rouchy dans son étude sur l'épuration des eaux d'égout, étude parue au *Journal de pharmacie et de chimie*, nos du 15 juillet et du 1er août 1901.

La matière organique se transforme aussi à une certaine profondeur, mais elle ne donne généralement que peu ou pas d'azote nitrique ; au contraire, l'azote ammoniacal et l'azote albuminoïde y sont en quantités plus considérables qu'à la surface.

La différence entre la quantité de matière organique contenue dans les eaux de profondeur et de surface varie d'une citerne à l'autre ; elle est d'autant plus grande que l'épaisseur de la couche d'eau est plus considérable.

Pour une citerne ayant une hauteur d'eau de 6 mètres, la différence entre la matière organique contenue à la surface et sur le radier est de $2^{mgr},115$ d'oxygène évaluée en solution alcaline ; elle est de $0^{mgr},384$ pour une citerne ayant 4 mètres d'eau et de $0^{mgr},192$ pour une citerne ayant 1 mètre d'eau.

Ces chiffres n'ont de valeur que comme termes de comparaison.

Une conclusion pratique des remarques précédentes serait de donner aux citernes le plus de surface et le moins de profondeur possible. Au delà d'une profondeur de 2 ou 3 mètres, la nitrification est très ralentie et la transformation de la matière organique se fait mal ; elle donne surtout de l'azote ammoniacal et albuminoïde.

Dans la pratique, on ne devrait pas dépasser ces limites, à moins d'aérer au préalable, très fortement, les eaux à conserver.

On peut encore établir sur les citernes des cheminées d'appel amenant un aérage intensif. »

On voit par là que, quelles que soient la conscience et l'habileté de l'expérimentateur, la longueur et le nombre des expériences entreprises, la question des transformations des matières organiques dans les eaux est très imparfaitement connue. Nous pensons que dans l'état actuel de

la science, on pourrait expliquer tous les faits acquis par nos expériences, en appliquant, aux transformations des matières organiques dans l'eau, la théorie des transformations de ces mêmes matières dans le sol.

Il existe, en effet, dans le sol, des microorganismes dont les uns, ceux de la nitrification, tendent à transformer en azotates les sels ammoniacaux et les matières organiques du sol, tandis que les autres opèrent en sens inverse.

Si ces divers germes existent dans le sol, ils peuvent aussi se trouver dans l'eau qui, avant d'arriver aux couches géologiques, a lavé le sol. En admettant ce fait comme possible (il est très vraisemblable), on expliquera, suivant la prédominance dans l'eau de telle ou telle espèce de germes, les diverses transformations de la matière organique que nous avons pu constater.

Mais, ce ne sont là que des hypothèses partiellement vérifiées quoique généralement admises, et qui laisseront encore, pour longtemps, le doute sur les transformations des matières organiques dans l'eau, aucune série d'expériences, sévèrement conduites, n'ayant donné de résultats pouvant emporter la conviction de tous.

CHAPITRE III

ÉTUDE DES DOSAGES DES MATIÈRES ORGANIQUES PAR LE PERMANGANATE DE POTASSE EN MILIEU ALCALIN ET EN MILIEU ACIDE

Le dosage et la séparation des diverses matières organiques de l'eau ont préoccupé et préoccupent encore beaucoup les chimistes qui seraient heureux de posséder une méthode leur permettant de doser sûrement, même en bloc, les matières organiques des eaux.

Malheureusement, de toutes celles proposées, aucune ne répond à ce desideratum; toutes ne donnent que des résultats sans contrôle.

On a tout d'abord dosé les matières organiques de l'eau en évaporant à siccité une quantité d'eau déterminée, pesant le résidu, calcinant ensuite et pesant de nouveau après refroidissement. La différence des poids obtenus représente les matières organiques.

S'il en était bien ainsi, ce procédé permettrait de connaître le poids réel des matières organiques de l'eau, mais lorsque l'on calcine le résidu, la perte de poids représente non seulement les matières organiques, mais encore les sels ammoniacaux, les chlorures, sans compter les décompositions que l'on peut obtenir en chauffant plus ou moins.

On voit donc que ce procédé ne peut donner que des résultats erronés.

Aujourd'hui, on dose les matières organiques de l'eau à l'aide du permanganate de potasse, et on les représente par le poids d'oxygène qu'elles empruntent à ce sel.

C'est encore là une méthode douteuse qui ne pourra

jamais donner de résultats comparables, à moins que l'on ne s'adresse à une même eau avant ou après filtration, ou à des eaux renfermant les mêmes quantités de matières organiques semblables, ou que l'on fasse au même moment les dosages des matières organiques sur les différents points d'un cours d'eau.

Si les matières organiques absorbaient toutes, à poids égal, une même quantité d'oxygène, ce dosage pourrait être rigoureux, mais non seulement les poids d'oxygène absorbés sont différents, mais encore ces différences varient avec le temps d'action du permanganate, la température, l'acidité ou l'alcalinité du milieu.

On ne peut donc rien conclure de précis sur les matières organiques des eaux par cette méthode, alors même que le permanganate oxyderait totalement la matière organique sur laquelle il agit.

Mais encore, nouvelle cause d'erreur, les diverses substances empruntent au permanganate des différentes fractions de l'oxygène qui seraient nécessaires pour les brûler entièrement. C'est ainsi que tandis que l'acide oxalique absorbe tout l'oxygène nécessaire à sa combustion, l'acide tartrique n'en absorbe que les 3/4, l'acide benzoïque, 22 p. 100, l'acide phénique, 41 p. 100, la leucine, 10 p. 100, l'allantoïne, 3 p. 100, le sucre de canne, 54 p. 100.

Ces différences suffisent à montrer combien sont précaires les résultats fournis par l'oxydation des matières organiques à l'aide du permanganate. Ce procédé ne nous donne, en outre, aucun renseignement sur l'azote des matières organiques et ne permet d'en différencier aucune.

Bien des auteurs cependant ont essayé de s'en servir comme diagnostic d'une catégorie de matières organiques quelconques.

C'est ainsi que Pouchet et Bonjean pensent que les produits d'origine végétale absorbent plus d'oxygène en milieu acide qu'en milieu alcalin, et que le contraire a lieu

avec des matières organiques d'origine animale : produits de putréfaction des matières albuminoïdes, eau souillée par le fumier ou les déjections alvines, eau de lavage du linge.

Partant de ces données, ces savants admettent qu'une eau absorbant plus d'oxygène en milieu alcalin qu'en milieu acide doit être considérée comme suspecte ; c'est-à-dire qu'elle peut renfermer des matières organiques d'origine animale et, par suite, dangereuses pour la santé publique. C'est là l'avis d'autres savants comme Lévy et de certains chimistes hydrologues.

D'autre part, Tiemann et Preusse pensent que les matières organiques les plus atteintes en milieu acide sont les plus complexes, les plus nutritives pour les microbes les plus éloignés de l'état auquel les amène la vie microbienne et que, par suite, c'est à ce dosage qu'il faut donner le plus d'importance. Plusieurs laboratoires, et en particulier celui de l'institut Pasteur de Paris, ont adopté cette manière de voir.

Il y a donc là une apparente contradiction. Nous avons essayé de la résoudre en recherchant si les dosages des matières organiques par le permanganate de potasse en milieu alcalin ou en milieu acide permettraient de différencier les matières organiques d'origine animale de celles d'origine végétale.

A cet effet, dans une première série d'expériences, nous avons ajouté, aussitôt après l'émission, un centimètre cube d'urine provenant d'individus sains, à 999 centimètres cubes d'eau distillée bouillie.

Après avoir agité le mélange et laissé en contact pendant une heure, l'on a procédé à l'analyse chimique des eaux ainsi souillées.

Dans une seconde série, nous avons souillé la même eau témoin avec un gramme pour 1 000 de substance végétale lavée que nous avons fait macérer pendant douze heures dans un lieu frais.

Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux

suivants. Tous ces résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

EAU SOUILLÉE PAR L'URINE

	RÉSIDU A 100°	PERTE AU ROUGE	CHLORURES	SULFATES	AZOTATES	AZOTITES	AMMONIAQUE		MATIÈRES organiques en milli. d'oxygène par litre.		OXYGÈNE	GERMES par centimètre cube.	CONCLUSIONS
							libre.	albuminoïde.	milieu alcalin.	milieu acide.			
Eau témoin.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	11		
A. Eau témoin additionnée de 1 cm. p. 1.000 d'urine. .	80	20	traces	0	0	0	0,80	3,56	3,8	4,8	10,7	Le 11e jour 330 colonies, 2 liquéfiantes, 2 moisissures et bacilles chromogènes.	Eau mauvaise.
B. Eau témoin additionnée de 1 cm. p. 1.000 d'urine. .	96	24	traces	0	0	0	0,90	3,45	4,2	5	10;2	Le 11e jour 420, quelques liquéfiants.	Eau mauvaise.
C. Eau témoin additionnée de 1 cm. p. 1.000 d'urine . .	78	25	traces	0	0	0	0,80	2,99	3,2	3,6	11	Le 11e jour 300 bacilles chromogènes.	Eau mauvaise.
D. Eau témoin additionnée de 1 cm. p. 1.000 d'urine. .	106	32	traces	0	0	0	0,76	4,20	7,2	5.4	9	Numération impossible dès le 6e jour. Germes putrides et liquéfiants. Odeur infecte.	Le chiffre donné pour l'azote albuminoïde est inférieur à la réalité. le dernier tube ayant fourni 0,16.
E. Eau témoin additionnée de 1 cm. p. 1.000 d'urine. .	89	28	traces	0	0	0	0,80	3,37	3,0	4,2	10,6	Le 11e jour 230. Chromogènes et liquéfiants.	Eau mauvaise.
F. Eau témoin additionnée de 1 cm. p. 1.000 d'urine. .	95	33	traces	0	0	0	0,88	2,60	4.6	5.2	10,4	Le 11e jour 520. liquéfaction de la gélatine. Odeur putride.	Eau mauvaise.

EAU SOUILLÉE PAR LES VÉGÉTAUX

	RÉSIDU SEC A 100°	PERTE AU ROUGE	CHLORURES	SULFATES	AZOTATES	AZOTITES	AMMONIAQUE		MATIÈRES organiques en milli. d'oxygène par litre.		OXYGÈNE
							libre.	albuminoïde.	milieu alcalin.	milieu acide.	
Eau témoin. . .	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	11
A. Eau témoin additionnée de de 1 gr. de végétaux frais par litre	18	14	0	0	0	0	0,06	0,30	5,6	7,3	7,2
B.	19	12	0	0	0	0	traces	0,24	4,8	6,2	10
C.	20	16	0	0	0	0	traces	0,39	5	5,8	9,6

A la lecture de ces tableaux on voit que les substances végétales, comme les substances animales, ont donné un chiffre élevé de matières organiques dosables en milieu alcalin et en milieu acide, que, de plus, une fois seulement, pour l'urine D, l'oxydation en milieu alcalin a été plus forte qu'en milieu acide.

Pour une eau souillée par l'urine, le dosage au permanganate en milieu acide et alcalin ne permettrait donc pas de déceler la souillure animale.

Mais, nos résultats montrent que les eaux souillées par l'urine donnent des doses massives d'azote albuminoïde, se chiffrant par milligrammes tandis que dans celles souillées par des végétaux on ne décèle que des dixièmes de milligrammes.

D'autre part, les macérations végétales donnent un résidu sec bien moins élevé que les solutions d'urine au $\frac{1}{1000}$.

Les résultats consignés ci-dessus montrent donc que les végétaux, comme les animaux, cèdent à l'eau des substances dosables par le permanganate de potasse en milieu

alcalin et en milieu acide ; que, par suite, il n'y a pas lieu de considérer ces dosages comme indiquant plus spécialement des souillures animales ou végétales.

Nous pensons que chaque fois que l'analyse décélera dans une eau des quantités élevées de matières organiques et que ces dernières seront accompagnées de doses massives d'azote albuminoïde, on pourra conclure à la présence de souillures animales dans l'eau étudiée.

Du reste, cette présence sera encore assurée, le plus souvent, par les dosages des phosphates et des chlorures.

L'on voit donc que pour se prononcer sur la valeur d'une eau, un dosage ne prouve rien, qu'il est nécessaire d'en faire une analyse complète.

Peu après la publication de cette étude, dans un ouvrage récent, M. Guichard fait de justes critiques du dosage des matières organiques en milieu acide à chaud (procédé Lévy suivi pour nos études) en faisant remarquer que les permanganates en solution acide se décomposent déjà à une température voisine de 45°, à plus forte raison à l'ébullition. De plus, il montre que les essais faits en milieu alcalin obtenu avec le bicarbonate de soude (procédé Lévy), qui se décompose vers 50° en mettant l'acide carbonique en liberté, se comportent comme les dosages en milieu acide.

Après ces observations, l'auteur ajoute : « Que l'on pourrait reprendre les essais de Pouchet, de Bonjean et de M. Malméjac, en opérant avec une solution alcaline à chaud et une solution acide à froid ».

Nous avons donc repris nos recherches en opérant, non seulement en milieu alcalin et en milieu acide à chaud, mais encore en milieu alcalin et en milieu acide à froid.

A cet effet, nous avons fait porter nos essais sur vingt substances différentes : dix d'origine animale (urine, excréments, purins, viande en putréfaction) et dix d'ori-

gine végétale (diverses parties de plantes lavées, sèches ou fraîches).

Pour chaque expérience nous avons fait macérer pendant vingt-quatre heures, 1 gramme de chaque substance dans un litre d'eau distillée, puis nous avons dosé dans chacune de ces macérations les matières organiques à l'aide du permanganate de potasse à chaud et à froid, en milieu acide et en milieu alcalin.

A chaud, nous avons suivi le procédé Lévy, en remplaçant la solution saturée de bicarbonate de soude par une solution de potasse au 1/10e. A froid, nous avons laissé la macération pendant quatre heures en contact avec le permanganate de potasse en milieu alcalin et en milieu acide.

Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux suivants :

TABLEAU I

MATIÈRES ORGANIQUES D'ORIGINE VÉGÉTALE EN MILLIGRAMMES D'OXYGÈNE PAR LITRE				
	Milieu alcalin.		Milieu acide.	
	A chaud.	A froid.	A chaud.	A froid.
A_1	8,3	5,4	9,4	6,2
B_2	6,0	4,7	8,2	6,4
C_3	2,4	2,0	4,0	4,2
D_4	12,6	9,0	16,8	14,8
E_5	4,9	6,2	18,8	10,3
F_6	3,8	3,2	5,4	4,6
G_7	4,0	9,4	14,0	7,2
H_8	8,2	7,6	12,6	9,8
I_9	4,8	7,0	13,6	4,2
J_{10}	7,2	8,0	9,6	9,2

Les tableaux I et II montrent que :

1° A chaud, les matières organiques animales, comme les matières organiques végétales sont représentées par un chiffre d'oxygène plus grand en milieu acide qu'en milieu alcalin, ce qui confirme nos premiers résultats.

TABLEAU II

MATIÈRES ORGANIQUES D'ORIGINE ANIMALE EN MILLIGRAMMES D'OXYGÈNE PAR LITRE				
	Milieu alcalin.		Milieu acide.	
	A chaud.	A froid.	A chaud.	A froid.
A1	19,2	12,6	21.0	7,0
B2	3,6	3,4	4,2	3,0
C3	4,2	2,4	5,2	2,4
D4	5,8	5,2	7,2	4,8
E5	28,0	25,0	30,4	9,6
F6	2,8	2,8	4,6	2,4
G7	3,7	2,6	5,0	1,7
H8	7,4	7,0	8,2	6,8
I9	5,4	6,4	7,6	3,2
J10	9,2	9,8	14,6	9,0

2° A froid les matières organiques animales donnent en milieu alcalin un chiffre d'oxygène supérieur à celui du milieu acide. Une seule fois il s'est montré égal (3).

Les matières organiques végétales, au contraire, donnent généralement à froid, en milieu acide, un chiffre d'oxygène supérieur à celui obtenu en milieu alcalin, mais il y a des exceptions (7 et 9).

3° En comparant les chiffres obtenus en milieu alcalin à chaud et ceux obtenus en milieu acide à froid, comme le demande M. Guichard, on voit que pour les matières organiques animales, les premiers sont supérieurs aux seconds ; pour les matières organiques végétales, l'inverse a lieu, mais il y a encore des exceptions (1 et 9).

Il serait donc imprudent de vouloir tirer une conclusion quelconque des faits qui précèdent.

Nous n'avons, en effet, opéré que sur vingt substances diverses, et toutes les règles de différenciation proposables présentent des exceptions.

C'est tout au plus si l'on peut dire qu'en général, on aura affaire à des matières organiques d'origine animale lorsque le dosage par le permanganate de potasse à froid

en milieu alcalin sera supérieur au dosage à froid en milieu acide et que le dosage à chaud en milieu alcalin sera supérieur au dosage à froid en milieu acide.

Il ne faut pas oublier que cette conclusion comporte des exceptions et rien ne prouve que si l'on opérait comparativement sur toutes les substances d'origine animale et végétale, le nombre des exceptions ne viendraient pas rendre illusoires les faits constatés ci-dessus.

Nous conclurons donc à nouveau que le dosage des matières organiques des eaux par le permanganate de potasse à froid ou à chaud, en milieu alcalin ou en milieu acide, ne permet pas de différencier *sûrement* les matières organiques d'origine animale des matières organiques d'origine végétale.

Il y aura donc lieu, lorsque l'on voudra être renseigné sur l'origine des matières organiques d'une eau, d'en faire une analyse complète ; c'est toujours la solution qui s'impose.

CHAPITRE IV

ÉTUDE DES DOSAGES DES MATIÈRES ORGANIQUES AZOTÉES

Les matières organiques azotées sont difficiles à déterminer exactement, et l'on ne possède pour elles, pas plus que pour les matières organiques en général, aucune méthode rigoureusement exacte.

Il serait très utile de pouvoir doser, non seulement l'azote total d'une eau, mais encore séparément l'azote des diverses substances azotées de cette eau. Ces dosages permettraient de conclure à la souillure végétale ou animale d'une eau et, par suite, à la valeur hygiénique de cette dernière.

Le procédé le plus employé aujourd'hui pour doser les matières organiques azotées de l'eau est celui de Wanklyn Chappmann-Schmith qui est basé, comme nous l'avons vu, sur la transformation de l'azote des matières azotées en ammoniaque, sous l'influence du permanganate de potasse en milieu fortement alcalin.

Wanklyn et Chappmann pensaient que par cette méthode les matières azotées albuminoïdes cédaient les 2/3 de leur azote. Tiemann et Preuse ont montré qu'il était loin d'en être toujours ainsi. D'après ces auteurs l'urée et la leucine céderaient dans ces conditions la totalité de leur azote, tandis que l'acide aspartique en céderait les 9/10, la tyrosine les 4/5 et le sulfate et quinine la moitié.

On voit donc que par cette méthode l'on ne saurait être sûrement renseigné sur la teneur en matière azotée des eaux et que l'azote dit albuminoïde provient surtout des corps amidés résultant de la destruction la plus

avancée des matières albuminoïdes, résultat obtenu par l'intervention microbienne.

Pour se faire une idée plus exacte de la teneur d'une eau en matières azotées, il faudrait y doser l'azote nitreux et nitrique, l'ammoniaque libre et l'azote total. On retrancherait de ce dernier la somme des trois autres et la différence donnerait l'azote organique.

L'azote total serait dosé sur le produit de l'évaporation d'une quantité déterminée d'eau, par l'une des méthodes suivies en chimie organique pour ce dosage.

Ces résultats ne feraient encore pas connaître exactement à quelles matières l'azote a été emprunté, mais donneraient cependant sur les divers corps azotés des données précises.

Si les dosages sont bien conduits, on peut obtenir avec cette méthode la quantité vraie d'azote encore engagé dans des combinaisons organiques, ce qui est un résultat appréciable et d'une grande valeur hygiénique.

Lorsque l'on dose l'azote organique par le procédé Wanklyn-Chappmann-Schmith, dans une eau qui en renferme beaucoup, il faut bien se garder de ne distiller que les 150 centimètres cubes prescrits par les auteurs, il est souvent nécessaire d'en distiller 200 et même 250 si l'on désire obtenir la totalité de l'azote formé. Dans certains cas, comme ceux de solutions très étendues d'urine (urine au 1/100, D tableau page 156) on n'obtiendra encore pas tout l'azote albuminoïde formé.

On obtiendra des résultats encore plus sûrs, lorsque l'on connaîtra des réactifs assez sensibles qui permettront de reconnaître d'abord et de doser ensuite, dans l'eau, les diverses catégories de matières azotées (alcaloïdes amides, etc.) et si cela est possible, chaque corps dans chaque catégorie.

Si l'on peut espérer obtenir sous peu la solution de la première question, il sera très difficile, pendant longtemps encore, de caractériser à coup sûr, une substance

organique dans une série donnée, car si les diverses séries de corps étudiés en chimie organique sont aujourd'hui parfaitement connues, on ne sait que peu de choses sur la foule des corps particuliers qui entrent dans chaque série, et c'est à peine si pour plusieurs d'entre elles on ne connaît encore que les premiers termes.

Il peut exister aussi dans l'eau, à côté des matières azotées dont nous venons de parler : des toxines sécrétées par certains germes, la grande quantité des alcaloïdes cadavériques ou ptomaïnes et des bases azotées qui existent aussi dans les tissus frais : les leucomaïnes. On comprend toute l'importance qui s'attache à la recherche et à la caractérisation de ces produits dans l'eau; cependant il est encore impossible non seulement de les doser, mais même de les caractériser sûrement.

Les éminents toxicologues, Brouardel, Ogier, Armand Gauthier, Grœbener, n'ont trouvé, malgré leurs grands et savants travaux sur la question, aucune réaction nettement caractéristique de ces alcaloïdes redoutables dont la présence vient masquer les réactions des alcaloïdes végétaux. Il ne faut donc pas penser pouvoir les caractériser encore dans l'eau, où l'on ne les rencontrera sans doute jamais qu'à l'état de traces infimes.

On voit donc, que l'on s'adresse au permanganate de potasse pour doser les matières organiques totales de l'eau, en les représentant par le poids d'oxygène absorbé, ou que l'on dose seulement par les méthodes indiquées l'ammoniaque libre et l'azote des albuminoïdes et des amides, qu'il est, dans l'état actuel de la question, impossible de se faire une idée exacte de la quantité des matières organiques dans l'eau.

Dans ces conditions, il nous paraît exagéré de vouloir assigner pour les matières organiques, des limites étroites en dehors desquelles une eau doit être considérée comme suspecte. S'il est prudent de ne tolérer qu'une petite quantité de matières organiques dans une eau potable,

cette quantité peut varier d'une eau à l'autre, suivant que les autres chiffres de l'analyse auront fait connaître son origine végétale ou animale.

Voyons, avant de nous prononcer sur la valeur à accorder à chaque chiffre de la partie chimique de l'analyse d'une eau, le rôle que peuvent jouer, au point de vue hygiénique, les matières organiques des eaux.

CHAPITRE V

ROLE HYGIÉNIQUE DES MATIÈRES ORGANIQUES

Depuis les grandes découvertes de Pasteur, qui ont tant fait progresser l'hygiène, certains auteurs pensent que la présence des matières organiques dans l'eau est de peu d'importance au point de vue hygiénique; d'autres, au contraire, demandent que l'on condamne toute eau renfermant plus de 3 milligrammes de matières organiques exprimées en oxygène emprunté au permanganate de potasse.

Nous savons combien sont discutables les résultats ainsi obtenus, aussi dirons-nous que ce n'est pas la quantité mais bien la qualité des substances organiques qui a une grande importance en hygiène. Il n'est pas indifférent, en effet, de savoir si les matières organiques d'une eau sont d'origine animale ou végétale et nous avons vu comment l'on arrive à se renseigner sur ce point.

Etudier le rôle hygiénique des matières organiques de l'eau revient à se demander :

1° Si ces matières organiques sont dangereuses par elles-mêmes, en dehors de toute action microbienne.

2° Si l'on peut absorber impunément une eau souillée ne renfermant pas de germes pathogènes.

La réponse, tout en étant des plus délicates, n'est cependant pas douteuse.

La présence des matières organiques dans l'eau devra toujours être évitée.

Pour connaître définitivement le rôle qu'elles jouent en

hygiène, il faudrait pouvoir résoudre les trois importantes questions suivantes :

1° Existe-t-il une relation entre les diverses épidémies et l'augmentation des matières organiques dans l'eau ?

2° Est-il possible de constater une relation entre le nombre de germes et l'augmentation de la matière organique dans l'eau ?

3° La chimie peut-elle rendre compte de la proportion de matières organiques attribuables aux microbes ?

Ces questions ne sauraient être résolues de sitôt, les faits nécessaires à leur édification nécessitant des études aussi longues que délicates.

Cependant des résultats pouvant servir à les résoudre sont acquis à la science.

C'est ainsi qu'en Angleterre, on a remarqué une recrudescence de matières organiques dans les eaux filtrées de la Tamise, lorsque cette eau était accusée de donner la fièvre typhoïde.

D'autre part l'épidémie de Bourg en Bresse, publiée dans les *Archives de médecine et de pharmacie militaires* de février 1900 par M. le médecin major de 1re classe Olivier, montre que, lors même que l'analyse bactériologique d'une eau ne décèle pas la présence de germes pathogènes, cette eau jouera encore un rôle important dans la préparation de l'éclosion d'une maladie.

Arriens, en étudiant l'épidémie cholérique de Hambourg en 1896, montre d'une façon irréfutable le rôle important joué par les souillures banales de l'eau.

Sw. Hill lisait, en octobre 1898, à l'université d'Ohio, un travail dans lequel, après avoir insisté sur la difficulté de déceler la présence du bacille d'Eberth dans les eaux notoirement souillées, il montre l'influence considérable d'un approvisionnement d'eau pure sur la diminution de la fièvre typhoïde.

Le professeur Arnould, dans son remarquable traité d'hygiène dit : « que l'eau notablement riche en matières

organiques est généralement inférieure et à éviter le plus possible ». Plus loin il ajoute : « Lors même qu'il y aurait lieu de contester ou de restreindre le rôle spécifique de l'eau dans la propagation des maladies infectieuses, on aura toujours raison de regarder l'absence d'eau irréprochable comme l'une des plus grandes misères que puissent supporter les groupes ».

Le Dr Imbeaux, qui s'est adonné à l'étude des eaux potables et de leur rôle hygiénique en Meurthe-et-Moselle, dit dans son importante thèse inaugurale qu'il pense avec beaucoup d'auteurs : « que les eaux souillées banalement, même indépendamment des diarrhées qu'elles peuvent provoquer, sont nuisibles et doivent être écartées de l'alimentation, pour la raison que cette putridité constante prédispose l'organisme humain aux infections, qu'en d'autres termes, *elle prépare le terrain* pour l'éclosion des germes pathogènes. Des eaux de ce genre, quand bien même elles n'apporteraient pas elles-mêmes des germes infectieux, contribuent à faire du groupe humain qui les consomme un foyer d'endémie, et c'est pourquoi il convient, en tout état de cause, de les rejeter. De plus, peut-on en l'état actuel de la science, affirmer toujours d'une manière formelle, que parmi un grand nombre d'espèces bactériennes banales, il n'y en a sûrement pas de spécifiques des diverses maladies infectieuses? »

Bien des médecins pensent aussi que c'est aux souillures banales des eaux de ruisseaux, étangs, rivières, qu'il faut attribuer les dysenteries qui sévissent souvent sur les groupes en marche.

Sacquemet attribue à la décomposition des matières organiques des eaux, la diarrhée qui suit l'ingestion de l'eau des puits du désert, et le professeur Arnould, que nous citions tout à l'heure, dit que pendant son séjour en Algérie, il a pu se convaincre que « boire aux eaux limpides mais de saveur ligneuse, de certains ruisseaux africains, c'est s'exposer à brève échéance à des coliques violentes ».

Du reste, en dehors de toute intervention connue de germes spécifiques, il est depuis longtemps admis que l'eau souillée d'une certaine quantité de matières organiques peut provoquer des diarrhées plus ou moins intenses.

Tous les hygiénistes admettent qu'une grande quantité de matières organiques dans l'eau ne saurait causer telle ou telle maladie déterminée, mais prédispose l'organisme à l'éclosion de ces maladies si leur germe spécifique vient à se rencontrer dans l'eau.

M. H. Causse à Lyon, a montré que l'eau de certains puits de cette ville ayant causé la fièvre typhoïde, renfermait de la cystine. C'est là un fait qui a son importance et qui est encore un pas de plus fait dans la connaissance de la valeur hygiénique des diverses substances organiques que l'eau peut renfermer.

MM. les médecins majors Remlinger et Schneider n'ont-ils pas démontré, en 1896, que le bacille d'Eberth pouvait exister dans l'eau sans causer d'épidémie ?

Ces ingénieuses recherches ne prouvent certainement rien contre la spécificité indiscutable de l'Eberth, mais permettent de penser que parfois ce germe ne cause d'épidémies que dans des organismes ayant subi une auto-infection quelconque, soit par l'ingestion d'eau renfermant des souillures banales, soit par toute autre cause.

Nous pourrions citer encore bien des faits, car sont nombreuses, en effet, les observations d'épidémies d'origine hydrique où le bacille pathogène n'a pas été rencontré et où les souillures dites banales ont joué un grand rôle. Il suffit, pour s'en convaincre, d'ouvrir les diverses revues d'hygiène.

Nous pensons que, d'après toutes ces observations, on peut dire qu'une eau renfermant beaucoup de matières organiques est une eau suspecte, dangereuse, au même titre qu'une eau qui renfermerait beaucoup de germes saprophytes.

Tous ces faits, sans répondre d'une façon indiscutable à la première question posée, permettent cependant de prévoir qu'il pourrait exister une relation entre les souillures chimiques d'une eau et les recrudescences d'épidémies, comme cela a été observé en Angleterre.

Du reste, si l'on remarque que c'est le plus souvent après les périodes de pluie qu'apparaissent les épidémies, il y a tout lieu de penser que les eaux ainsi déversées sur le sol, entraînent à la canalisation de l'eau de boisson, les matières organiques rencontrées sur leur passage aussi bien que les germes.

Nous avons pu observer ce fait un grand nombre de fois en comparant les résultats ainsi obtenus sur les mêmes eaux après plusieurs périodes de pluie et de sécheresse.

Il eût été bien intéressant de savoir si l'augmentation des matières organiques d'une eau concorde avec l'augmentation des germes mais ici, comme pour la première question, on ne saurait conclure que sur de nombreux faits.

Si, souvent, cette corrélation s'observe, souvent aussi le contraire a lieu. Pour pouvoir se prononcer avec assez de certitude, il faudrait comparer les résultats d'analyses chimiques et bactériologiques faites sur la même eau, au même moment, et ces observations sont encore bien rares.

Une comparaison faite sur des résultats acquis à l'analyse chimique et à l'examen bactériologique à différentes époques, ne pourrait conduire qu'à des conclusions bien douteuses, puisqu'il est établi que dans des espaces de temps très courts, souvent même d'une demi journée, les résultats de ces deux analyses peuvent être variables.

Le laboratoire de Montsouris publie régulièrement, sous les signatures autorisées de MM. Miquel et Lévy, la composition chimique et bactériologique des eaux distri-

buées à Paris. En comparant les diverses résultats de ces analyses, on voit que les eaux de rivières renferment un nombre de germes notablement plus grand que les eaux de sources, sans renfermer pour cela une proportion de matières organiques bien supérieures.

C'est ainsi que Lévy trouve, dans les sources de $0^{mgr}.8$ à $1^{mgr}.1$ de matières organiques et dans les eaux de rivières $2^{mgr}.2$ à $2^{mgr}.5$, tandis que Miquel trouve, dans les eaux de ces mêmes sources, de 690 à 3.700 germes et dans les eaux de ces mêmes rivières de 57.200 à 100.460.

De plus, si l'on se reporte aux diverses analyses personnelles consignées dans ce travail, on n'y constatera guère de corrélation entre le nombre de germes et la matière organique.

Pour élucider cette question il faudrait donc, comme nous le disions plus haut, entreprendre un grand nombre d'analyses comparatives, c'est ce que nous avons commencé à faire.

En ce qui concerne la solution de la troisième question, la chimie peut-elle rendre compte de la proportion des matières organiques attribuables aux microbes? rien n'a encore été fait, à notre connaissance du moins, pour la résoudre.

Les quelques essais que nous avons entrepris, dans cette voie, sont encore trop récents pour que nous puissions en tirer une conclusion quelconque, mais nous permettent cependant de penser que l'on pourrait arriver à une solution.

Nous conclurons de tout ce qui précède :

1° Qu'en dehors des microbes l'eau peut renfermer des principes nuisibles à la santé.

2° Que toute eau renfermant des matières organiques, surtout si ces matières sont azotées, ce qu'indiquera le dosage de l'azote des albuminoïdes et des amides, devra être rejetée comme dangereuse, car elle peut soit contenir des germes pathogènes difficilement décelables, soit

prédisposer l'organisme à une plus grande réceptivité des germes nocifs.

3° Que les matières organiques se déposent par le repos, comme nous l'avons montré lors de l'étude de la transformation des matières organiques dans les eaux. Toute eau conservée dans les citernes, potable dans les 2/3 supérieurs de sa couche liquide, sera nuisible et même dangereuse dans ses couches du 1/3 inférieur.

CHAPITRE VI

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE CHIMIQUE DE L'EAU

Nous avons vu comment les matières organiques se transformaient dans l'eau, quelle valeur il faut accorder à leurs divers dosages, et le rôle hygiénique qu'elles semblent jouer, tout cela va nous permettre de nous rendre compte de la valeur qu'il faut accorder aux divers chiffres de l'analyse chimique.

Cette valeur a été et sera sans doute encore longtemps discutée, tant que l'on ne pourra se renseigner sûrement sur la qualité, la quantité des matières organiques de l'eau et sur les divers degrés de dégradation qui les font passer de l'état de matière organique à celui d'acide carbonique, d'eau, d'ammoniaque, de nitrate.

Mais il ne faut pas oublier que l'interprétation des résultats d'une analyse chimique tirera de grandes certitudes de la comparaison de cette analyse avec celle de l'eau normale du lieu où naît l'eau analysée.

En effet, l'analyse de l'eau normale d'une région étant connue, si nous trouvons dans une eau de cette même région, des substances nouvelles ou les mêmes substances à des doses sensiblement différentes de celles de l'eau normale, nous pourrons conclure avec assez de certitude à une souillure.

L'eau normale d'un lieu est celle dont la composition s'explique par la composition des terrains géologiques qu'elle traverse.

Le Comité consultatif d'hygiène publique de France a

adopté des limites qui nous paraissent un peu sévères et dans lesquelles il est presque impossible de faire entrer toutes les eaux d'alimentation. Nous les considérons comme un but, un idéal qu'il serait désirable d'atteindre, mais qu'il est difficile de trouver.

Nous pensons que tant que l'analyse chimique ne pourra déceler d'une façon sûre les diverses substances organiques de l'eau et les divers produits de leur transformation dans ce milieu, on ne saurait assigner des limites fixes de potabilité aux divers corps que cette eau peut contenir. Dire qu'une eau est mauvaise parce qu'elle renferme une quantité déterminée de matières organiques nous paraît, dans l'état actuel de nos connaissances, une solution sans grandes preuves.

Nous voyons, en effet, dans les analyses qui précèdent, qu'une eau dans laquelle a macéré pendant douze heures un gramme de substance végétale, donne à l'analyse, des doses relativement grandes de matières organiques dissoutes et une quantité d'azote albuminoïde qui devrait la faire rejeter.

Cette dernière n'a cependant aucun mauvais goût, est d'une limpidité parfaite et ne renferme pas de substances dangereuses.

Mansfeld pense que la présence de beaucoup d'azote albuminoïde accompagné de peu d'azote libre et de peu de chlore est la caractéristique d'une souillure végétale.

Nous ferons remarquer qu'en analysant l'urine au 1/1000 nous constatons une grande quantité de matières organiques accompagnées de fortes doses d'ammoniaque albuminoïde, de petites quantités d'ammoniaque libre, des traces de chlore, et que la souillure n'en est pas moins une souillure animale.

L'on peut donc dire, qu'au moins dans ce cas, l'observation de Mansfeld conduirait à des résultats erronés. On pourrait admettre que chaque fois qu'il sera décelé dans une eau, à côté de beaucoup de matières organiques,

de grandes doses d'ammoniaque albuminoïde, il y aura toute probabilité pour conclure à une souillure animale. Du reste le plus souvent, comme nous l'avons déjà dit, cette souillure sera encore affirmée par les autres chiffres de l'analyse. Duclaux ajoute une grande importance au dosage des chlorures.

D'autre part, puisqu'il est admis que la matière azotée est la plus dangereuse, il y aura lieu de rejeter toute eau renfermant une dose un peu élevée d'azote organique.

Les azotites n'étant jamais décelés que dans les eaux en voie de transformation active, on pourra tenir pour suspecte toute eau pouvant en renfermer.

D'une manière générale, il existe dans l'eau des substances que l'on peut considérer comme normales et d'autres qui sont, au contraire, apportées accidentellement et que nous appellerons pour cela substances anormales.

Pour que le lecteur puisse bien se rendre compte de la valeur qu'il faut accorder aux différents dosages de ces éléments, nous ne saurions mieux faire que d'emprunter au docteur Imbeaux les pages qu'il consacre dans sa thèse à cette qnestion qu'il a parfaitement résumée.

1° Éléments normaux contenus dans l'eau

« *Chaux.* — Le calcium qui est si répandu dans la nature passe dans l'eau à l'état de chlorure, de sulfure, de silicate, mais surtout de sulfate et de bicarbonate. Le carbonate, insoluble dans l'eau ordinaire, devient soluble dans l'eau chargée d'acide carbonique, et l'on sait que l'eau de pluie se charge de cet acide dans l'atmosphère et dans l'air confiné des premières couches du sol (cet air en contient 1/20).

Il est à peu près impossible d'assigner une limite (Kubel et Tiemann donnent celle de 180 à 200 milligrammes de chaux et magnésie) au delà de laquelle la quantité de

chaux devient nuisible ; une dose modérée de bicarbonate calcaire paraît avoir une action physiologique utile, soit en favorisant la digestion, soit en fournissant un élément à l'accroissement du tissu osseux ; mais il se pourrait aussi qu'un excès (l'abus des eaux minérales, par exemple), favorise l'irritation rénale, la gravelle, les calculs, les incrustations calcaires, les dépôts tophacés, etc.), cependant la question reste encore bien obscure et l'on ne peut véritablement affirmer qu'aucune maladie soit produite par une eau trop chargée en carbonate ou sulfate de chaux. La littérature médicale est trop pauvre sur cette question pour que nous puissions en dire davantage.

Quand la teneur en chaux dépasse une certaine limite (par exemple 150 à 200 milligrammes par litre), c'est presque toujours à l'état de sulfate qu'elle se trouve en suspension, et c'est pour cela que cette forte teneur devient souvent un mauvais indice, au même titre que l'acide sulfurique lui-même (voir ci-dessous). Mais le point le plus important, c'est que l'excès de chaux, notamment de sulfate, rend l'eau impropre aux usages domestiques et à certains usages industriels; la cuisson des légumes, le savonnage, l'alimentation des chaudières à vapeur deviennent difficiles ou impossibles, pour les raisons que tout le monde connaît (incrustations dangereuses, formation de grumeaux d'oléates insolubles, obstruction des tuyaux et robinets, etc.).

Magnésie. — Comme la chaux, la magnésie est à l'état de carbonate (dissous grâce à l'acide carbonique), et de sulfate. A dose faible, ces sels ne sont peut-être pas tout à fait inutiles à l'organisme, mais ils pourraient sûrement devenir nuisibles, si la proportion s'en augmentait trop.

Fer et sulfures. — Quelques milligrammes de fer à l'état de protoxyde, de sesquioxyde ou plus souvent de bicarbonate, n'ont aucune importance. Il n'en serait pas de même du sulfure de fer qui forme parfois un dépôt noirâtre dans

les eaux de mauvais puits; ce sulfure, comme d'ailleurs l'acide sulfhydrique, provenant de la réduction des sulfates par les matières organiques, indique une eau à rejeter.

Silice et alumine. — Toujours en faible quantité, ces corps n'offrent aucun intérêt ; cependant l'alumine en proportion notable indiquerait une forte dose de matières organiques, en même temps qu'elle communiquerait à l'eau un goût terreux.

Acide sulfurique et sulfates. — L'acide sulfurique est toujours inutile, souvent gênant en rendant l'eau (séléniteuse) impropre à divers usages, et enfin une proportion anormale de ce corps doit faire craindre une contamination d'origine animale ; c'est donc ici surtout qu'il est nécessaire d'examiner dans chaque cas si la provenance naturelle de l'eau peut expliquer ou non une forte teneur en sulfates. Rien de plus variable que la dose d'acide sulfurique cédée à l'eau par les diverses couches géologiques; cela se comprend, puisque nous trouvons dans le sol des couches de gypse et d'anhydrite, des sulfates doubles de chaux et de soude (glaubérite et polyhalite), et enfin des pyrites qui s'oxydent et se transforment en sulfates, le tout sous des pressions et des températures fort variables favorisant plus ou moins la dissolution de ces sels. Ainsi 2 à 300 milligrammes d'acide sulfurique dans une source de gypse n'indiqueront nullement une eau impure, tandis qu'une proportion bien moindre dans un puits des alluvions indiquerait une contamination probablement due à des excréments animaux, lesquels contiennent beaucoup d'acide sulfurique. D'après cela, il est bien difficile de fixer une limite maxima : d'après Kubel et Tiemann, elle serait aux environs de 80 à 100 milligrammes d'acide, et d'après le Comité consultatif d'hygiène de France, aux environs de 150 à 200 milligrammes de sulfate de chaux. Nous savons déjà qu'une eau chargée de sulfate est toute prête

à devenir fétide par suite de la formation de sulfures par oxydation des matières organiques, en sorte que la présence simultanée de beaucoup de sulfates et de beaucoup de matières organiques est un très mauvais signe.

Chlore et chlorures. — Comme l'acide sulfurique, mais plus rarement que lui, le chlore trouvé dans l'eau (le plus souvent à l'état de chlorure de sodium) peut provenir du sol naturel et non souillé; l'eau peut alors rester buvable même avec de fortes proportions de chlore, car il est bien clair que le chlorure sodique (dont nous mêlons une forte proportion à nos aliments), ne peut être nuisible. Mais la plupart du temps une teneur élevée en chlorures indique une contamination par des infiltrations d'urine, liquide qui, comme on sait, est très chargé en chlorure de sodium, ou encore par des infiltrations d'eaux ménagères. Le chlore aurait donc bien souvent la même origine que l'ammoniaque, avec cette différence que ce dernier corps est facilement décomposé par le sol et absorbé par les plantes (ce qui les rend difficiles à déceler, surtout à une certaine distance), tandis que les chlorures restent stables et passent dans les eaux. Quoi qu'il en soit, l'association d'une forte quantité de chlorures avec l'ammoniaque et les nitrites doit faire tenir une eau pour mauvaise; d'après Ritter, la présence du chlorure de calcium est également toujours un mauvais signe (infiltrations d'égouts, de cabinets désinfectés au chlorure de chaux, etc., etc.).

C'est dans cet ordre d'idées que le congrès de Bruxelles a fixé pour le chlore une limite de 10 milligrammes par litre; Ritter regarde comme suspecte toute eau qui a plus de 50 milligrammes de chlorure de sodium et Kubel et Tiemann parlent de 33 à 50 milligrammes également. Il reste entendu que ces chiffres ne s'appliquent pas quand le sel a une origine géologique.

Alcalis. — Les mêmes considérations doivent encore être répétées pour les bases alcalines; certaines nappes

en contiennent naturellement d'assez fortes proportions. mais sauf le cas de cette provenance, une dose de plus de 15 à 20 milligrammes (en chlorures), devient suspecte. La présence du sulfate de potasse est notamment un mauvais indice.

Gaz dissous. — L'eau doit être aérée, sans quoi elle paraît lourde et fade ; elle doit contenir de 25 à 40 centimètres cubes de gaz, dont 6 à 7 centimètres cubes d'oxygène, 14 à 15 d'azote et 15 à 18 d'acide carbonique. Ce qu'il importe surtout de constater, c'est la diminution de l'oxygène, diminution qui porterait à croire à des souillures organiques.

Résidu fixe. — Il ne devrait pas dépasser 500 milligrammes d'après Kubel et Tiemann, Stœber et Tourdes et beaucoup d'autres auteurs ; mais ici encore, il est bon de rechercher l'origine des corps dissous et de voir si un fort résidu ne s'explique pas par la nature géologique du sol vierge, ou en d'autres termes, comme le dit Arnould, si la minéralisation est primitive ou acquise. On peut dire cependant qu'en dehors du cas des eaux minérales, les résidus dépassant 500 milligrammes sont presque toujours caractéristiques de puits très contaminés. La perte du résidu par calcination qui représente, mais d'une manière très infidèle, les matières organiques, ne doit pas dépasser 0 à 70 milligrammes.

Degré hydrotimétrique. — L'hydrotimétrie a perdu beaucoup de son importance, et comme précédemment, on ne peut guère assigner de limite supérieure au degré admissible. Il y a longtemps qu'on avait fixé en France le maximum de 30° pour la dureté totale et celui de 12° pour le degré hydrotimétrique permanent ; mais il faut bien convenir qu'on n'a jamais pu se renfermer dans ces limites et que beaucoup d'eaux ayant plus de 30° de dureté n'en sont pas moins très potables et en tout cas sont bues depuis

des siècles sans aucun inconvénient. Nous reconnaissons toutefois qu'au-dessus de 36° (20° allemands), l'usage de l'eau devient difficile pour l'alimentation des machines à vapeur et les emplois domestiques; mais ce qui importe le plus au point de vue hygiénique, c'est toujours de savoir si la dureté trouvée est naturelle ou non, c'est-à-dire si elle résulte de la constitution des terrains ou au contraire de l'apport accidentel d'eaux ménagères, industrielles, etc. C'est ce dernier cas qui se produit le plus souvent pour les puits, dont le degré hydrotimétrique est d'ordinaire bien supérieur à celui des sources des mêmes terrains ; pour les puits de Nancy, Ritter a admis la limite de 30 à 60° pour la dureté totale, mais il semble qu'il ait été un peu large.

2° Éléments anormaux contenus dans l'eau

Ce n'est pas non plus par eux-mêmes que les éléments anormaux sont nuisibles, mais simplement par l'origine qu'ils révèlent. La plupart existent à l'état de traces, même dans les meilleures eaux, et ce n'est que lorsque leur proportion devient un peu notable que leur présence a une signification suspecte.

Acide phosphorique et phosphates. — Le congrès de 1885 a admis que les phosphates, qui jusque-là étaient toujours considérés comme un signe de contamination, pouvaient provenir des terrains naturels (minerais phosphatés, caprolithes, apatites, phosphate de chaux des terrains crétacés et acide phosphorique libre de la tourbe de l'humus) ; d'après lui, une limite de 1/2 milligramme pourrait être tolérée. Mais il reste certain que des doses un peu massives d'acide phosphorique ne peuvent provenir que des substances animales, notamment des excréments, ou de certaines eaux résiduaires industrielles (brasseries par exemple).

Acide nitrique et nitrates. — L'acide azotique, comme l'ammoniaque d'ailleurs, peut provenir de l'atmosphère ou de certaines roches (marnes bitumineuses, limonite, etc.); mais il est bien plus souvent le terme ultime de la décomposition des matières organiques dans le sol. Une partie de l'ammoniaque provenant de cette décomposition est absorbée par la végétation; mais une autre partie s'oxyde sous l'influence de l'air contenu dans les pores du sol et de certains microbes, et se transforme d'abord en nitrites, puis en nitrates : ces derniers étant très stables, passent en nature dans les eaux; mais on conçoit qu'on doive y rencontrer souvent en même temps les corps azotés moins avancés en oxydation. Pour cette raison, une eau renfermant ce mélange, lequel prouve l'activité de la transformation des matières organiques, serait plus dangereuse que celle ne contenant plus que des nitrates, celle-ci ayant cessé peut-être depuis longtemps d'être le siège d'un processus actif.

Les auteurs varient beaucoup sur la fixation d'une limite admissible pour l'acide nitrique : le congrès de Bruxelles avait parlé de 2 milligrammes. Tiemann et Gartner donnent 5 à 15 milligrammes : on voit qu'il y a loin d'un chiffre à l'autre, et certains auteurs vont encore bien au delà du chiffre le plus élevé.

Acide nitreux et nitrites. — Nous connaissons déjà leur signification : en raison de son instabilité, il est assez rare de déceler l'acide nitreux, et si on y réussit, cela prouve une contamination très proche ou un sol contaminé en grand. C'est donc un très mauvais signe.

Ammoniaque et ammoniaque albuminoïde. — Dans certains terrains tourbeux et marécageux, riches en matières organiques d'origine végétale, l'eau contient de l'ammoniaque et même des nitrites, qui ne sont pas dès lors l'indice d'une pollution animale; les sols compacts ne permettent pas d'ailleurs une facile oxydation de l'ammoniaque.

On doit remarquer avec le Professeur Sandtner qu'en pareil cas le résidu fixe et le chlore restent peu élevés, tandis que lorsque l'ammoniaque et les nitrites proviennent de matières fécales ou de substances animales en putréfaction, le résidu est très fort et les chlorures abondants. Mansfeld fait de même observer que la présence de beaucoup d'ammoniaque albuminoïde jointe à une faible quantité d'ammoniaque libre et à l'absence de chlorures est caractéristique des substances organiques végétales, telles qu'on en trouve souvent dans les eaux du gneiss et du granit; au contraire, une proportion de plus de $0^{mg},08$ d'ammoniaque libre jointe à beaucoup de chlorures ne laisse aucun doute sur l'apport d'infiltrations urineuses.

Ainsi le plus souvent l'ammoniaque indique une eau souillée, soit récemment par des matières fécales, des eaux d'égout, du purin, etc., soit plus longuement par des matières organiques en décomposition. Le congrès de Bruxelles n'admettait pas plus de 1/2 milligramme d'ammoniaque; on peut être un peu plus tolérant et admettre la limite de 1 milligramme pour l'ammoniaque libre, et celle de $0^{mgr},2$ pour l'ammoniaque albuminoïde. Comme on l'a vu, c'est surtout l'association de ces corps avec d'autres déjà cités qui donne de la force aux preuves de contamination.

Urée. — Ce corps, qui ne se modifie qu'assez lentement dans le sol, n'est pas assez souvent recherché; il indique bien entendu une souillure assez proche d'origine animale et urinaire, et l'eau doit être rejetée.

Matières organiques. — Nous avons déjà indiqué comment ces matières se transformaient dans le sol et dans l'eau, comment on retrouvait les produits de cette décomposition, ainsi que la manière dont on pouvait distinguer la provenance des substances soit végétales, soit animales. Il ne nous reste plus qu'à parler de la limite dans laquelle on peut tolérer les matières organiques. Pettenkoffer a dit

qu'on ne devait pas dépasser 50 milligrammes de matières organiques, correspondant à 10 milligrammes de permanganate et à $2^{mgr},5$ d'oxygène ; Kubel et Tiemann admettent la même limite de 5 à 10 milligrammes de permanganate ; enfin le comité consultatif d'hygiène publique déclare également à rejeter toute eau qui consomme plus de 2 à 3 milligrammes d'oxygène par litre. L'accord est donc à peu près complet, cependant il ne faut pas oublier que tout dépend de l'origine de ces substances organiques et de leur nature.

Corps divers en suspension. — Nous ne dirons rien des corps figurés ou amorphes, vivants ou inertes, que certaines eaux tiennent en suspension. Ils sont faciles à reconnaître au microscope et leur signification n'est pas d'ordinaire difficile à interpréter : les fibres végétales et certaines algues vertes ne sont sans doute pas nuisibles ; mais les débris d'animaux morts, les œufs ou larves de vers, d'insectes, les fragments de fibres musculaires, les matières grasses, certains infusoires, etc., sont de sérieux indices de putréfaction, et d'ailleurs bien souvent les eaux qui les renferment sont répugnantes à simple vue. Il existe cependant des algues et des infusoires qui ne s'accommodent que d'eau très pure, en sorte que leur présence serait un très bon signe ; d'autres, au contraire, ne peuvent vivre que dans un milieu très riche en matières organiques : malheureusement, l'étude de cette flore et de cette faune spéciale est trop peu avancée pour qu'on puisse, en ce moment, en tirer des conclusions tant soit peu certaines. »

TROISIÈME PARTIE

ÉTUDE DES GERMES DE L'EAU

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

De toutes les questions soulevées par la bactériologie, il n'en est pas qui ait donné lieu à autant de travaux que l'étude des germes de l'eau.

Cette étude a été entreprise partout à la fois, et il est difficile d'ouvrir une revue d'hygiène sans y trouver une étude touchant de près ou de loin à cette importante question.

Depuis près de vingt-cinq ans l'on s'occupe d'étudier la distribution des germes dans le sol, comment ces germes sont entraînés par l'eau, et quelle relation pourrait exister entre la composition bactériologique d'une nappe souterraine et celle des terrains que l'eau a traversés avant d'arriver jusqu'à elle.

La question est loin d'être résolue. Si l'on compare en effet la masse vraiment prodigieuse d'études parues sur ce sujet, on est frappé du grand nombre de contradictions que l'on y rencontre. Ces contradictions ne doivent pas nous faire mettre en doute la valeur des résultats apportés, mais bien nous mettre en garde contre les généralisations trop hâtives.

C'est que la question à résoudre est des plus délicates, il est difficile, sinon impossible, d'éviter toutes les causes d'erreur dont elle est émaillée.

La distribution des germes dans l'air et dans le sol et par suite dans l'eau, est fonction de la température extérieure, de l'humidité, de la composition intime du sol, de toutes les causes pouvant faire varier la souillure de la surface.

A toutes ces causes qui viennent constamment changer la composition microbienne du sol, il faut ajouter les erreurs provenant du mode opératoire suivi par l'expérimentateur. Tous sont plus ou moins mauvais, et aucun, dans l'état actuel de nos connaissances, ne peut nous donner une idée exacte de la teneur vraie en germes en un point déterminé, d'un sol déterminé, à plus forte raison ne peut-on et ne doit-on rien généraliser.

Tant que l'on ne connaîtra pas, en effet, un milieu de culture permettant le développement de tous les germes, on ne saura jamais si le nombre de colonies comptées est bien celui enfermé dans le sol analysé. Tel germe, en effet, qui pousse très bien sur gélatine ne se développera pas sur un autre milieu ; même avec un même milieu, gélatine par exemple, on aura des cultures différentes suivant le temps que l'on aura mis à la stérilisation du milieu, suivant la température à laquelle on le maintiendra, etc., etc.

Supposons un instant que ce milieu idéal, laissant pousser tous les germes, existe, il faudra, pour avoir le nombre de germes vrai à une profondeur déterminée, pouvoir prélever avec grand soin à cette profondeur un échantillon, ce que l'on ne fait encore qu'assez imparfaitement.

L'on sait de plus que des variations infimes non décelables par nos méthodes d'investigations, peuvent bouleverser totalement la richesse microbienne d'un milieu. l'étude que nous pourrons faire pour un terrain n'aura donc de valeur que pour l'instant où elle a été faite et ne saurait, par suite, être généralisée.

Si, au lieu d'opérer sur les terrains naturels, on fait des expériences de laboratoire, comment arrivera-t-on à reproduire des tranches vraies d'un terrain quelconque. Cela

est à peine possible pour le sable dont il faudrait encore connaître la grosseur des grains dans les diverses couches, mais est tout à fait irréalisable pour d'autres terrains.

Il est donc délicat, impossible même, de se faire une idée juste de la flore bactérienne d'un terrain.

Supposons quand même cette flore nettement établie. Pourrait-on en conclure la composition bactériologique de l'eau correspondant à une couche quelconque d'un terrain également quelconque? Nullement, car le passage des germes dans l'eau est lié à une série de propriétés physiques et chimiques des terrains traversés, propriétés variables sous l'influence des agents extérieurs.

Il n'est donc pas étonnant que les auteurs qui se sont occupés de la question, employant chacun des méthodes différentes, soient arrivés à des résultats différents, alors que les travaux d'un même auteur, opérant dans des conditions rigoureusement semblables, sont à peine comparables.

Nous venons de voir qu'il était impossible de passer de la teneur en germes d'un terrain, teneur toujours fort mal connue, à celle de l'eau ayant traversé ce terrain ; à plus forte raison ne devra-t-on jamais conclure de la teneur en germes d'une eau à celle de la composition organique proprement dite.

Cette conception, qui peut paraître tout d'abord inadmissible, était le résultat du raisonnement suivant :

Les germes ont besoin pour se nourrir de matières organiques, par suite, toute eau renfermant beaucoup de germes devrait contenir aussi beaucoup de matières organiques.

Cette conclusion pouvait être rationnelle, mais elle n'a pas été vérifiée par l'expérience. De nombreux expérimentateurs ont montré, en effet, que les germes pouvaient vivre dans des milieux très pauvres en matières organiques et Meade Bolton a vu croître plusieurs séries de germes dans l'eau distillée pure.

Qu'un grand nombre d'espèces de germes soit nécessaire pour assurer la dégradation de la matière organique jusqu'à sa minéralisation, cela est peut-être vrai, mais n'implique en rien la présence simultanée dans une eau de beaucoup de germes et de beaucoup de matières organiques. Il suffit pour s'en convaincre de comparer les résultats d'analyses chimiques et bactériologiques faites sur la même eau au même moment ; bien rarement la souillure chimique coïncide avec la souillure bactériologique. Nous-même, dans nos nombreuses analyses d'eau, n'avons que peu constaté cette concordance. Il faut donc bien se garder de conclure à la souillure chimique d'après la souillure microbienne et vice-versa.

Du reste le point le plus important de l'analyse microbienne n'est pas de faire connaître la masse des germes contenus dans une eau, mais bien de diagnostiquer si parmi tous ces germes quelconques, il ne peut s'en trouver de pathogènes, ou si parmi les germes saprophytes, il n'en est pas dont il faut craindre le retour à l'activité.

Car rien n'est encore moins connu que tous ces germes quelconques que l'on n'a pu étudier jusqu'ici, faute de pouvoir les séparer. Parmi des milliers d'espèces, c'est à peine si les expérimentateurs les plus exercés peuvent en séparer une vingtaine ; c'est par suite de notre ignorance sur les germes saprophytes, que nous voyons des auteurs en désigner tel ou tel comme sans action sur l'organisme, tandis que d'autres en font de véritables germes pathogènes.

N'a-t-on pas vu dans ces dernières années, et ne voit-on pas encore donner le coli-bacille, soit seul, soit associé à d'autres espèces douteuses, tantôt comme un germe banal, hôte fidèle de l'intestin dont il assurerait le bon fonctionnement, tantôt comme un véritable germe pathogène ?

Nous avons vu combien il était difficile de le distinguer du bacille d'Eberth, à cause de la gamme, tous les

jours croissante, des coli plus ou moins eberthiformes.

Tout récemment le médecin-major de 1[re] classe Comte, dans une étude parue aux *Archives de médecine et de pharmacie militaires* de janvier 1902, dit qu'il a isolé, des selles de dysentériques, un bacille dont les cultures « sur pomme de terre, gélose, sérum, en piqûre sur gélatine, reproduisent l'aspect connu des cultures du bactérium coli dont il a d'ailleurs les autres caractères, faisant fermenter la lactose, coagulant rapidement le lait, donnant la réaction de l'indol; se décolorant par la méthode de Gramm.

L'auteur ajoute : « Les communications d'Escherich, le travail tout récent de M. le médecin aide-major Dopter, inséré dans les *Annales de l'Institut Pasteur* (décembre 1900) confirment le rôle pathogène du coli-bacille dans la dysenterie.

« M. Dopter explique pourquoi il se trouve rarement à l'état libre au début des dysenteries bénignes ; il serait en grande partie inclus dans les globules blancs et n'apparaîtrait en quantité que par l'insuffisance de la phagocitose. »

Si le coli-bacille est un germe pathogène, comme semble le montrer l'étude ci-dessus, il est logique de rejeter toute eau pouvant en renfermer ; or, Miquel, dont l'autorité en la matière ne saurait être contestée dit, dans l'Annuaire de Montsouris de 1900, que toutes les eaux renferment ce germe, il faudrait en conclure que l'on ne doit boire que de l'eau épurée, ce qui serait un peu exagéré, tout en donnant cependant une certitude absolue d'innocuité aux consommateurs.

Malgré le grand nombre de contradictions que l'on rencontre à chaque pas dans l'étude des germes de l'eau, cette dernière a cependant une grande importance ; elle permet, dans certains cas, d'être assez exactement renseigné sur la valeur d'une eau comme véhicule de germes nettement pathogènes.

Comme pour les matières organiques des eaux, si l'on ne fait dire aux expériences de laboratoire que ce qu'elles veulent dire, l'on peut tirer du grand nombre de faits observés, quelques conclusions réellement pratiques, mais ici moins que partout ailleurs encore, on ne saurait passer du particulier au général.

Il est probable, à voir la rapidité avec laquelle évolue la bactériologie, que sous peu des méthodes de recherches acceptées par tous les savants, permettront d'unifier leurs efforts et que les contradictions observées aujourd'hui, disparaîtront d'elles-mêmes.

CHAPITRE II

ORIGINE DES BACTÉRIES DE L'EAU

Nous avons vu précédemment, comment les matières organiques sont apportées à l'eau ; les germes suivent la même voie.

Mais ici, l'importance du sujet demande une plus longue étude de ce passage des germes de la surface du sol dans les nappes souterraines. S'il n'y avait que les germes saprophytes qui puissent arriver ainsi à la nappe souterraine, la question ne serait pas bien importante, car alors peu importerait que l'eau en renferme des centaines de plus ou de moins par centimètre cube ; mais il y a les germes pathogènes.

Ces derniers sont redoutables, parce qu'ils sont souvent la cause d'épidémies qui ont décimé et déciment encore de nos jours les agglomérations rurales et urbaines.

Ces faits ont été pressentis depuis bien longtemps, et alors même que la bactériologie n'était pas connue, on recommandait de ne boire que de l'eau potable.

La dissémination des germes pathogènes par l'eau a eu ses partisans et ses contradicteurs. En Allemagne, deux écoles rivales se sont créées, l'une à Munich avec Pettenkofer comme chef, l'autre à Berlin ayant à sa tête Koch.

La première fait jouer dans la dissémination des germes pathogènes un rôle important à l'air, aux poussières, au sol suivant sa nature ; la seconde accorde un rôle prépondérant à l'eau.

C'est à cette dernière que les hygiénistes semblent donner la préférence, mais son adoption n'est pas una-

nime; c'est ainsi que le professeur Arnould avait une tendance non dissimulée à admettre que si l'eau peut servir de véhicule aux germes, il faut surtout attribuer cette dissémination à toutes les autres causes possibles.

D'autre part, la recherche et la caractérisation des germes pathogènes dans l'eau est, comme nous l'avons vu, une chose excessivement délicate, qui a pu donner lieu à bien des erreurs, et amoindrir de ce fait la valeur de la théorie hydrique.

C'est ainsi que le professeur Arnould a pu dire « que les procédés employés jusqu'ici pour la séparation et la caractérisation de l'Eberth, ne prouvent rien du tout et ont pu nous montrer neuf fois sur dix, peut-être davantage, le bacille du côlon sous forme du bacille typhique ».

Nous nous garderons bien d'aller aussi loin, nous pensons qu'aujourd'hui un expérimentateur exercé peut, sinon avec une certitude absolue, du moins assez sûrement, séparer l'Eberth du coli. Du reste, en dehors même de la présence officiellement constatée des germes pathogènes dans l'eau, on a vu dans l'étude de nombreuses épidémies le rôle joué par l'eau, et il est incontestable aujourd'hui qu'un grand nombre d'entre elles ont eu une origine hydrique.

Sans écarter toutes les autres causes de dissémination des germes pathogènes, nous pensons qu'il faut accorder la plus large part à l'eau qui apporte directement dans nos intestins, dans notre organisme, les germes qu'elle a pu emprunter à tout ce qu'elle a rencontré sur son passage.

Du reste, on verra encore mieux le rôle prépondérant de l'eau dans la dissémination des germes, lorsque nous aurons étudié de plus près, le mode de passage des germes de toute espèce dans l'eau.

C'est au sol que l'eau emprunte le plus grand nombre de germes parce que le sol est le grand réservoir où l'on a tendance à tout jeter. La surface du sol, la couche de

terre arable est particulièrement peuplée, le plus souvent par la faute de l'homme. C'est lui qui, sans nécessité, souille le sol qu'il habite ou qu'il cultive ; c'est encore lui dont l'indifférence et la routine empêchent les progrès de l'hygiène.

L'on voit tous les jours, l'homme livrer au sol des matières fécales non désinfectées, qu'elles proviennent de gens sains ou de malades, des urines, des purins, des eaux de lavage du linge, etc., etc., comme si, en agissant ainsi il n'était pas un danger pour le groupe auquel il appartient. Heureusement que la majorité des germes ainsi répandus à profusion sur le sol n'y vivent que peu de temps, soit qu'ils aient à soutenir la concurrence d'autres espèces, soit que le milieu sur lequel ils ont été répandus soit peu favorable à leur développement. Mais, bien avant que cette sélection se fasse, les germes peuvent être apportés à la nappe souterraine et de là revenir à l'homme par l'eau d'alimentation.

Ce serait une grande erreur de croire que ce sont là de pures vues de l'esprit, ce sont, au contraire, des faits résultant de nombreuses expériences toutes probantes, expériences que l'on peut encore malheureusement voir se renouveler dans la plupart des collectivités, des centres où la question si capitale cependant des eaux d'alimentation, n'a pas encore reçu une solution.

Voyons comment l'eau peut se souiller dans nos campagnes et dans nos villes.

Il suffira de se représenter un de nos villages français pour se rendre compte que tout y semble fait pour assurer la pollution des eaux.

Le plus souvent, ces villages sont bâtis en bordure d'une route ou de chemins vicinaux ; à part les maisons qui se trouvent sur l'artère centrale, il est bien difficile d'y reconnaître des rues tant les bâtisses sont faites sans le moindre alignement.

Les rues en cul-de-sac, ainsi dessinées, ne comportent

pas de ruisseaux pavés pour l'écoulement des eaux, sont souvent très étroites et presque toujours bordées de fumiers. Le purin qui, faute de pente suffisante, forme par place de grandes masses puantes, a tout le temps de s'infiltrer dans le sol et d'apporter à la nappe souterraine les matières organiques et les germes qu'il renferme.

De plus, le fumier tient souvent lieu de fosse d'aisance et c'est sur lui que l'on répand la majorité des matières fécales. Les germes qu'elles renferment peuvent donc être entraînés dans l'eau d'alimentation surtout les jours de pluie, où tous les fumiers des rues sont lavés par les eaux qui tombent.

Si le village est bâti à flanc de coteau, il est presque toujours en contre-bas de son église et par suite de son cimetière, toutes les eaux ruissellent alors vers le bas du village et y forment généralement des mares infectes où croupissent des quantités considérables de matières organiques et où pullulent des milliers de germes.

Les maisons sont le plus souvent basses, humides, construites avec une parcimonie qui en bannit toute hygiène. Il n'y a pas d'égouts, toutes les matières fécales vont aux fumiers avec les eaux usées, on a des fosses fixes dont on ne s'est jamais occupé de l'étanchéité ; les fosses sont le plus souvent de grands trous creusés derrière les maisons, le long du mur de clôture, où l'on ira prendre les matières usées pour s'en servir à un moment donné comme engrais.

On ne trouve pas plus, dans ces centres, de canalisation pour l'eau qu'on ne trouve d'égouts ; chaque maison a son puits, sa pompe, le plus souvent placés à quelques mètres de fosses fixes. Nous avons même pu voir en Lorraine, aux environs de Toul, des puits, des fontaines, entourés de fumiers.

Presque tous ces villages ont une petite place publique et sur cette place une fontaine. Les eaux de cette dernière proviennent souvent de puits mais aussi parfois de sources

dont personne ne s'est occupé de la captation. Ces fontaines mal protégées, sont entourées de boues gluantes et de ce fait difficilement abordables ; le plus souvent situées en contre-bas des villages, c'est vers elles que s'écoule la partie des eaux usées qui n'a pu s'infiltrer dans le sol. Elles sont généralement entourées d'abreuvoirs jamais nettoyés, où croupissent toute espèce de substances organiques.

Il n'est donc pas étonnant de trouver ces eaux constamment chargées d'une dose considérable de matières organiques et d'une quantité de germes souvent incalculable.

Ces collectivités sont à la merci de tout malade qui les habite ou les traverse. Les germes pathogènes qu'il y apporte seront répandus sur le fumier et de là passeront rapidement dans l'eau de boisson, aussi lorsque dans de tels milieux une épidémie se déclare, elle est de suite massive et foudroyante, ce qui est en général le caractère des épidémies d'origine hydrique.

Que l'on ne croit pas que nous avons noirci le tableau à dessein ; la grande majorité de nos villages n'est pas plus avancée que cela en hygiène, et le lecteur pourra s'en convaincre surtout s'il parcourt la Lorraine française, la basse Auvergne, et les petits villages de l'Artois ; nous ne citons ici que ceux que nous avons vus.

Dans les villes, l'hygiène a fait beaucoup plus de progrès, mais il en est encore beaucoup qui n'ont pas d'égout ou qui n'en possèdent que des rudiments. Dans ces villes, les fosses fixes sont étanches et régulièrement vidées, l'on y trouve aussi des tinettes mobiles, mais tout cela est loin de répondre aux desiderata de l'hygiène. Pour peu que la surveillance se relâche, on infecte la nappe souterraine.

Il est donc de toute nécessité que les pouvoirs publics fassent plus encore qu'ils n'ont fait, qu'ils assurent au moins à toutes les communes de France, un réseau

d'égouts pour l'évacuation des eaux usées et une eau abondante et salubre.

Partout où l'indifférence semble présider et même parfois contrarier les progrès de l'hygiène, les pouvoirs constitués ont le devoir de les imposer.

Ainsi nous ne verrions plus les germes saprophytes et pathogènes disséminés partout, arriver à la nappe souterraine, et, par suite nous assisterions, peu à peu, à la diminution des redoutables épidémies d'origine hydrique, que l'on commence à voir disparaître de tous les centres qui ont su s'assurer suffisamment d'eau potable et pure.

CHAPITRE III

ACTION DE L'EAU SUR LES MICROBES ET DES MICROBES SUR LES MATIÈRES DISSOUTES OU EN DISSOLUTION DANS L'EAU

Cette étude des plus intéressantes, a donné lieu à de nombreux travaux qui nous permettent de nous faire une petite idée des phénomènes biologiques dont l'eau est constamment le siège, sans nous révéler toutefois le pourquoi de ce qui se passe dans ce milieu complexe, essentiellement variable.

Ici, comme pour tout ce qui intéresse l'eau, l'on a pu constater des faits particuliers propres à certaines eaux et d'autres qu'il serait possible de généraliser, mais il est difficile, dans l'état actuel de nos connaissances, de savoir où doit commencer et s'arrêter cette généralisation. Les expériences entreprises dans cette voie sont très nombreuses, leurs résultats permettront peut-être un jour de nous faire une idée plus exacte que celle que nous possédons, en ce moment, sur la biologie de l'eau.

Nous savons que toutes les eaux, même les plus pauvres en matières organiques, contiennent encore assez de nourriture pour laisser vivre, pendant un certain temps du moins, un grand nombre de germes ; c'est ainsi que les eaux de sources les mieux filtrés, stériles à leur point d'émergence sont souillées peu après, et continuent à se peupler de ce fait même pendant quelque temps.

Nous avons vu en étudiant l'analyse bactériologique de l'eau, qu'il était nécessaire d'en faire la numération des germes à la source ou de conserver les échantillons prélevés dans la glace et encore le moins de temps possible.

Cette précaution découle des travaux de Percy-Frankland, de Léone, de Meade Bolton et d'Heraeus.

Le premier de ces savants a montré que le nombre des germes augmentait rapidement dans l'eau souillée par l'urine, les autres ont pu faire les mêmes constatations sur des eaux pures.

C'est ainsi que Léone trouvait 5 germes par centimètre cube dans une eau au moment de la prise, tandis qu'il en décelait dans cette même eau 500.000, cinq jours après le prélèvement.

Cramer observait en outre que cette augmentation des germes dans l'eau était suivie au bout d'un certain temps par une diminution.

De même Miquel qui a conservé pendant neuf ans de l'eau de Seine qui contenait à l'origine 4800 bactéries par centimètre cube n'en trouvait plus après cette longue période de conservation que 229 ; de même de l'eau de la Vanne qui renfermait 66 germes au moment de la prise d'échantillon n'en contenait plus, était devenue stérile, au bout de dix ans, tout au moins pour les milieux de culture employés à faire la numération.

De nombreux savants ont encore observé que les eaux très peuplées en germes s'épuraient peu à peu, que la vie y était de moins en moins intense, jusqu'à devenir presque stérile, tandis que dans les eaux moins peuplées à l'origine, la vie augmentait sensiblement pendant un certain temps, variable avec chaque eau, pour décroître ensuite.

Ces augmentations ou ces diminutions essentiellement variables, sont fonction d'une foule de facteurs tels que la température, la teneur en matières nutritives et en germes de l'eau étudiée, la résultante de toutes les réactions chimiques et biologiques qui se passent dans ce milieu, facteurs encore incomplètement connus.

Il semble certain que le nombre initial des germes ait une grande influence sur le peuplement ultérieur de l'eau ; ces germes peuvent, en effet, absorber toutes les matières

nutritives de l'eau, ou y sécréter des subtances toxiques pour d'autres espèces, et le plus souvent agir des deux manières à la fois.

Cette façon de voir a été corroborée par plusieurs expériences dont une série de Miquel a une importance très grande.

Ce savant, qu'il faut toujours citer lorsque l'on s'occupe de l'étude bactériologique de l'eau, a montré, en effet, que dans certaines eaux (eau de l'Ourcq) qui ne laissent plus les germes se développer, il existe des substances toxiques pour les germes des autres eaux, ces substances sont les unes volatiles ou destructibles par la chaleur, les autres fixes. Avec de l'eau de l'Ourcq concentrée à 30 ou 35°, Miquel a pu enlever à l'eau de Vanne « la faculté de favoriser la multiplication de ses microbes ».

Cette observation a une grande importance parce qu'elle fixe un point de la biologie de l'eau, à savoir : que certains germes peuvent céder à l'eau une substance qui peut à son tour empêcher le développement d'autres espèces microbiennes et même arrêter à un moment donné le développement de l'espèce qui a excrété la substance toxique. C'est certainement là un des multiples facteurs dont nous parlions tout à l'heure.

Des expériences de Percy-Frankland, de Wolfugel et Riedel ont montré l'action de l'oxygène contenu dans l'eau sur le développement des germes qu'il semble favoriser.

Si le développement des germes est favorisé par la présence de l'oxygène, le contraire doit avoir lieu en présence de l'acide carbonique et c'est, en effet, ce que prouve l'expérience.

A ces diverses causes il faut ajouter celle de la concurrence vitale dont nous avons plusieurs fois parlé.

En résumé, les microbes de l'eau cèdent à ce milieu des substances toxiques pour les autres germes et pour eux-mêmes, la concurrence vitale peut même peupler l'eau de cadavres de germes qui serviront de nourriture aux germes

futurs, enrichissant ainsi le milieu de culture qu'est l'eau.

Si les germes, durant leur vie manifestée ou après leur mort, viennent ainsi changer la composition intime de l'eau, les diverses matières dissoutes dans l'eau ont aussi une action sur les germes qui viennent la peupler.

Ce fait ne saurait nous étonner. Nous savons déjà, que des variations infimes dans la composition d'un milieu de culture ont souvent des effets très grands sur le développement des germes que l'on y ensemence, il en sera donc de même de l'eau qui a une composition essentiellement variable.

Trenckmann a montré l'action sur le développement des germes du chlorure, des nitrite, nitrate et carbonate de sodium ; ces sels minéraux qui, dans les expériences de Trenckmann, ont servi à augmenter le nombre des bacilles cholériques ensemencés dans une eau stérile, prouvent irréfutablement l'action de certains sels sur le développement de certains germes. Les sels employés sont ceux que l'on rencontre le plus souvent dans l'eau et le germe sur lequel on les a fait agir est un de ceux auquel on a, non sans raison, attribué certaines épidémies cholériques d'origine hydrique ; l'auteur ne pouvait donc mieux choisir.

L'on est en droit de se demander comment peuvent agir sur le protoplasma cellulaire les divers sels minéraux ainsi étudiés. Pour résoudre cette belle question nous ne saurions mieux faire que de renvoyer le lecteur à l'ouvrage remarquable publié dans cette collection par F. le Dantec sur une « Nouvelle théorie de la vie ».

Hafkine a montré, en opérant sur des infusoires, que les diverses substances minérales agissent très différemment sur les diverses espèces ; il a montré en outre, et ceci est très important, que l'on pouvait acclimater peu à peu les espèces dans des milieux qui leur étaient primitivement mortels.

Restait à savoir si les germes se comporteraient comme les infusoires, c'est ce qu'a montré Hafkine en opérant sur

le bacille typhique. Il est parvenu à acclimater dans « les humeurs fraîches de l'organisme » un bacille typhique pour lequel ces humeurs étaient toxiques au début ; bien plus, ce bacille typhique qui se développait très bien en bouillon et mourait dans un milieu renfermant une certaine quantité d'humeur, se développait ensuite bien mieux sur l'humeur que dans le bouillon.

Ces faits très importants par eux-mêmes viennent encore ajouter à la complexité des phénomènes biologiques de l'eau et nous montrent que, dans deux milieux de composition chimique identique, un même germe peut ou ne peut pas se développer, suivant qu'il provient de milieux de cultures plus ou moins semblables à l'eau dans laquelle on l'ensemence. Cela prouve que dans l'étude déjà si complexe des germes de l'eau, l'on aura non seulement à tenir compte des diverses espèces de germes mais encore de leur plus ou moins d'acclimatement pour le milieu dans lequel on les transporte.

Si l'on remarque en outre que les germes élevés dans des milieux différents peuvent avoir une morphologie différente, l'on se rendra compte de la complexité apportée dans l'étude biologique de l'eau par les résultats acquis dans les expériences d'Hafkine.

L'on comprendra, d'après tout ce qui précède, qu'il puisse exister des eaux toxiques pour des germes déterminés.

Nous venons de ne parler que des germes en général, mais il est une question qui nous intéresse au plus haut point, c'est celle de savoir comment se comportent les germes pathogènes dans l'eau et quelle est l'action de l'eau sur ces germes.

En raison de son importance capitale, nous avons cru devoir étudier ces faits dans un chapitre spécial.

Nous allons donc voir, dans le chapitre suivant, comment les germes pathogènes sont apportés à l'eau, comment ils s'y développent, combien de temps ils peuvent y vivre et quelle est l'action de l'eau sur eux.

CHAPITRE IV

VITALITÉ ET DÉVELOPPEMENT DES GERMES PATHOGÈNES DANS L'EAU. — ACTION DE L'EAU SUR CES GERMES

Cette question, une des plus importantes assurément, de l'étude de l'eau, est encore mal connue. Elle a cependant donné lieu à d'importants travaux dont les résultats sont trop souvent contradictoires.

Il est vrai que les nombreux auteurs qui se sont occupés de la vitalité et du développement des germes pathogènes dans l'eau n'ont pas tous suivi la même méthode, ce qui rend déjà leurs résultats non comparables.

Mais la plus grande critique que l'on puisse adresser aux auteurs de ces recherches, c'est de ne pas s'être placés dans les conditions naturelles, en face desquelles on peut se trouver lors d'une épidémie d'origine hydrique.

Au lieu d'étudier la vitalité des germes pathogènes dans une eau quelconque, les laissant en lutte avec les germes de l'eau, ils ont, pour simplifier l'étude, opéré sur des eaux stériles, ce qui change beaucoup les conditions de vie des germes pathogènes.

D'une manière générale on peut dire qu'ils ont étudié le développement des germes pathogènes dans un milieu qui n'est pas le milieu habituel et que, par suite, leurs études ne peuvent être trop généralisées ; ils ont déplacé la question mais ne l'ont pas résolue.

Les contradictions révélées par ces travaux, dont un certain nombre ont une grande valeur, sont plus apparentes que réelles, elles sont vraisemblablement dues aux diverses méthodes mises en œuvre,

Nous savons en effet que la valeur des méthodes de recherches des germes pathogènes dans l'eau peut varier notablement d'un expérimentateur à l'autre et que, de plus, nous ne pouvons nous faire qu'une idée à peine approximative de leur sensibilité.

Dans tous les cas, il sera prudent de ne considérer que comme des minima, la plus grande vitalité trouvée dans les divers travaux sur la question, pour chaque germe pathogène. Ne connaissant que fort mal la valeur de nos méthodes d'investigation, nous avons le devoir d'être circonspect.

Cela ne veut pas dire que tant de belles recherches ont été faites en vain, loin de là ; elles nous font au contraire connaître, pour bien des milieux, la résistance des germes pathogènes que l'on trouve le plus fréquemment dans les diverses eaux.

Il ne faudrait pas croire que pour étudier le développement des germes pathogènes dans l'eau il suffit d'ensemencer ces germes dans une eau quelconque et de voir, par les méthodes connues, ce qu'ils deviennent à des intervalles de temps connus, ce serait là une erreur.

Il faut ici tenir grand compte de l'origine des germes. Nous avons vu au chapitre précédent que cette origine avait de l'importance, puisque l'on peut arriver à faire vivre un microbe par acclimatement dans un milieu qui lui était primitivement mortel. Ce n'est pas tout, il faudrait encore connaître exactement la teneur de l'eau ensemencée en éléments minéraux et organiques, ce que l'on ne sait pour les derniers que très imparfaitement.

Il ne faut pas oublier, en effet, que de très petites variations dans la teneur de l'eau, variations non décelables par nos méthodes chimiques et bactériologiques, peuvent amener vis-à-vis de la vitalité des germes contenus dans l'eau, des effets en disproportion complète avec leur cause.

Lorsque l'on ensemence un germe pathogène dans l'eau,

ce germe ne va pas s'y développer comme il le ferait dans un milieu préparé pour lui, il va falloir en effet qu'il lutte avec les espèces microbiennes de l'eau, espèces déjà adaptées au milieu ; de plus il faudra tenir grand compte des matières organiques de l'eau dans laquelle on l'ensemence, de sa teneur en acide carbonique qui paraît avoir un effet nuisible sur le développement de certains germes et aussi de sa composition minérale. L'on sait, depuis les travaux de Raulin, que les sels généralement contenus dans l'eau ont une action bien marquée sur le développement des germes.

Il y aurait encore lieu de ne pas négliger l'apport de matières organiques fait à l'eau par le milieu dans lequel on puise le germe à ensemenser et à tenir compte aussi de cette origine.

Les conditions de temps, de milieux, de température, auront aussi une influence non négligeable.

Alors même que toutes les conditions indéfinissables seraient parfaitement définies, lorsque nous ne trouverons plus le germe pathogène dans l'eau ensemencée, pourrons-nous dire qu'il n'y en a plus ?

Evidemment non. Il peut y en avoir assez peu pour qu'il ne s'en trouve pas dans les parcelles d'eau ensemencées, même alors qu'on ferait de fréquents dosages. De plus nous ne connaissons pas encore assez les conditions de vie des divers germes pathogènes pour être assurés, qu'alors qu'ils ne se développent plus sur nos milieux de culture, ils ne se développeraient pas sur des milieux plus convenables. Aussi devons-nous, comme nous le disions tout à l'heure, considérer comme un minimum le maximum de vitalité observé pour chaque germe.

L'on voit par là que la question étudiée présente bien des difficultés et que, dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible de la résoudre complètement.

Nous indiquerons ici, pour les deux germes pathogènes

qui ont donné lieu aux plus redoutables épidémies d'origine hydrique, les résultats des plus importants travaux sur leur résistance dans l'eau.

Bacille typhique. — En 1885 Dagenoff annonça que ce microbe peut vivre dans l'eau et même s'y multiplier parfois.

En 1886, Wolfügel et Riedel ont montré qu'au-dessus de 16°, il pouvait se multiplier dans certaines eaux tandis qu'il ne se développe plus au-dessous de 8°, tout en continuant à vivre.

Hochstetter lui accorde une survie de huit jours dans l'eau distillée, de sept jours dans celle de Berlin, ces eaux étant stérilisées.

Strauss et Dubarry retrouvent, en opérant sur des eaux stérilisées, l'Eberth dans l'eau distillée soixante-neuf jours après l'ensemencement, dans celle de l'Ourcq quatre-vingt-un jours, dans celle de la Vanne quarante-trois jours. Chantemesse avait trouvé trois mois.

La survie trouvée par ces expérimentateurs est notablement supérieure à celle donnée par Hochstetter, cela vient, selon toute probabilité, de ce que le milieu de culture de Strauss et Dubarry était supérieur à celui de Hochstetter.

Krauss, faisant des ensemencements sur l'eau de Munich, sans stérilisation préalable, accorde au bacille typhique une survie de six jours.

Karlinski opérant sur des eaux de puits non stérilisées et qu'il souille encore par des selles de typhique, ne trouve pas de survie supérieure à sept jours.

Bobrow de Dorpat, en 1893, tout en constatant la diminution constante des germes pathogènes dans l'eau, dit que le bacille d'Eberth lui a paru un peu plus résistant que les autres.

Le fait important est que le bacille typhique peut vivre plus de trois mois dans certaines eaux.

Bacille cholérique. — Les travaux des divers savants qui ont opéré l'ensemencement et la recherche de ce bacille sur des eaux stérilisées ou non, stérilisées comportent les plus grandes divergences dans leurs résultats, ce qui est encore une preuve de l'influence des méthodes suivies.

Tandis que Babès, Frankland, Wolflugel et Riedel, Hochstetter l'ont vu périr en vingt-quatre heures dans l'eau distillée, Strauss et Dubarry ont pu le retrouver quatorze jours après ensemencement dans ce même milieu, Nicati et Rietsch vingt jours après. Pour ces deux derniers auteurs, le mode d'ensemencement apportait à l'eau des matériaux nutritifs.

Dans les eaux ordinaires stérilisées, les mêmes différences s'observent.

Hochstetter trouve une survie de trois cent quatre-vingt-douze jours dans l'eau de Berlin stérilisée ; Strauss et Dubarry de trente jours dans l'eau de l'Ourcq stérilisée, de trente-neuf jours dans l'eau de la Vanne également stérilisée.

Woflugel et Riedel, dans l'eau non stérilisée de la Sprée, ont vu le bacille du choléra vivre quelquefois deux jours à 16° - 22° et d'autrefois persister plus de sept mois, même plus d'un an d'après Riedel.

De toutes ces recherches, nous ne devons retenir qu'une chose : c'est que le bacille virgule ou bacille du choléra peut vivre dans certaines eaux plus d'un an.

Toutes ces solutions ne sont que des résultats de laboratoire et les faits pourraient se passer autrement si l'on avait affaire à des eaux courantes ou stagnantes, si diverses le plus souvent, tandis que dans les laboratoires l'on opère sur des eaux homogènes.

On pourrait avoir une tendance à accorder la survie constatée dans les milieux stérilisés, à l'absence de lutte pour la vie, mais il ne faut pas oublier que dans les eaux non stérilisées, à côté de cette absence, il peut se former

des associations de germes exaltant la virulence du germe pathogène, et même favorisant parfois son développement.

L'on voit donc, par ces deux exemples, combien il est difficile de se faire une idée juste de la vitalité des germes pathogènes dans l'eau, et combien il reste encore beaucoup à apprendre sur ce sujet.

CHAPITRE V

ROLE HYGIÉNIQUE DES GERMES DE L'EAU. — ÉPIDÉMIOLOGIE

Nous avons vu combien il est difficile de se faire une idée exacte de l'action de l'eau sur les germes et des germes sur l'eau, et combien sont douteux les résultats acquis par les nombreuses études faites sur la vitalité des germes pathogènes dans l'eau ; malgré cela, il reste suffisamment démontré que l'eau peut être, au moins pendant un certain temps, un milieu de culture, pour certains germes pathogènes qui, non seulement y vivent, mais peuvent encore s'y développer. Ce milieu est, à la vérité, souvent assez pauvre, mais peut permettre cependant la dissémination des germes dangereux.

S'il n'existait dans l'eau que des espèces banales, leur rôle hygiénique serait peu important et l'étude bactériologique de l'eau perdrait beaucoup de son intérêt, mais à côté des germes sans action apparente sur l'organisme, il peut s'en trouver d'autres d'action douteuse comme le coli-bacille, et d'autres enfin causes vraies de redoutables épidémies ; ces derniers, de beaucoup les plus importants, sont les germes nettement pathogènes.

Parmi la multitude des germes dits saprophytes, c'est-à-dire sans action directe sur l'organisme, il en est qui peuvent, en entrant dans une association microbienne, augmenter ou atténuer, suivant les cas, la virulence des germes pathogènes ; d'autres aussi indéterminés que les premiers peuvent avoir une action irritante sur l'intestin, et comme l'on dit : préparer, prédisposer l'organisme à une réceptivité plus grande des germes pathogènes.

Cette prétendue préparation de l'organisme par les germes saprophytes ne cache-t-elle pas notre ignorance sur leur action vraie ? C'est peu, en effet, de dire que des milliers de germes d'espèces souvent très différentes ouvrent l'organisme à l'activité des pathogènes. Nous pensons que ces actions, encore très obscures, seront plus tard nettement formulées par les bactériologistes, surtout lorsque l'on connaîtra mieux les associations microbiennes.

Les saprophytes agissent-ils en amoindrissant la résistance de l'organisme ou en augmentant la virulence du germe pathogène? Voilà une question qui n'est pas encore résolue et qui jettera un grand jour sur le rôle hygiénique des germes que l'on considère aujourd'hui, à tort ou à raison, comme des germes sans action sûr l'organisme sain ou malade.

Nous savons que le corps humain, surtout l'appareil digestif, renferme des millions de microbes dont on ne connaît pas encore le rôle sur l'économie animale ; dans ces conditions, si l'on ingère une eau renfermant plus ou moins de germes saprophytes, cela sera sans conséquence sur les divers échanges de l'économie.

En raisonnant ainsi, on admettrait comme eau de boisson, toute eau ne renfermant pas de germes pathogènes, ce serait là un réel danger.

Peut-on jamais dire avec certitude, même avec les progrès des méthodes de recherches usitées aujourd'hui, qu'une eau qui renferme beaucoup de germes dits saprophytes, ne renferme pas aussi de pathogènes? Evidemment non et les récents travaux de Grimbert, travaux que nous avons cités, montrent surabondamment qu'il en est ainsi.

Nous devrons donc toujours tenir comme suspectes, au point de vue hygiénique, une eau qui renferme beaucoup de germes, quelle que soit la valeur que permet de leur attribuer l'état actuel de nos connaissances.

Il est des germes, comme le coli-bacille, qui semblent tantôt jouer le rôle de germe saprophyte, tantôt celui de germe pathogène. Ces faits établis par de nombreux travaux viennent apporter une nouvelle force à ce que nous disions plus haut sur les associations microbiennes. Sans elles, comment expliquerait-on qu'un germe : le coli-bacille, puisse affecter des virulences très variables et donner lieu à des réactions micro-chimiques différentes. Nous savons bien que suivant que l'on cultive certains germes sur tel ou tel milieu, on peut modifier presque du tout au tout leur morphologie et leur physiologie, mais nous pensons que pour un milieu comme l'eau, toujours infesté par plus ou moins d'espèces de germes, l'association microbienne doit jouer un rôle important.

D'autre part, nous avons vu combien il était difficile de séparer l'Eberth vrai, du coli-bacille, ce qui nous permet de penser que la confusion a dû avoir lieu bien souvent, surtout au début des recherches sur ces deux bacilles réellement très voisins.

Dans l'Annuaire de Montsouris pour 1900 (page 405) Miquel dit : « La découverte du bacille-coli dans une eau permet, assure-t-on, d'affirmer qu'une eau a été en contact direct avec des substances excrémentielles, d'où la conclusion que toutes les eaux qui le montrent doivent être considérées comme suspectes; nous ne partageons pas tout à fait cette opinion, car cette bactérie se rencontre aisément dans toutes les eaux de sources et très souvent pendant les sécheresses, au moment où les eaux de surface ne peuvent être accusées de contaminer les sources naturelles. Nous estimons que le bacillus-coli communis et ses variétés sont aussi répandus autour de nous que les bacilles subtils ; qu'on aura autant de peine à en débarrasser les eaux captées que de priver ces dernières des bacilles vulgaires, alors même qu'on prendrait les précautions de l'asepsie la plus minutieuse pour en purger les galeries de captation, les réservoirs et la cana-

lisation. Ce bacillus-coli communis, nous le trouvons en toute saison dans les eaux distribuées à Paris, et nous ajouterons dans toutes les eaux de la province qui paraissent être des plus pures. »

Malgré l'opinion de Miquel, nous pensons que l'on doit considérer comme suspecte, et par suite surveiller, toute eau renfermant le coli-bacille. Ce germe a été si souvent confondu avec l'Eberth, qu'un excès de prudence ne nous paraît pas inutile.

Nous ne voulons pas dire par là qu'il faudra toujours rejeter une eau renfermant le coli-bacille, puisqu'il y en a partout, d'après Miquel, mais qu'il faudra la considérer, sinon comme mauvaise, du moins comme très suspecte. C'est du reste l'avis de la grande majorité des savants qui se sont occupés de l'eau.

A côté de germes sans action connue sur l'organisme, comme les saprophytes, ou d'action encore douteuse comme le coli-bacille, on peut rencontrer dans l'eau des germes pathogènes, c'est-à-dire des germes, cause vraie, irréfutable, de maladies redoutables.

C'est la présence de ces germes dans l'eau qui a attiré l'attention des bactériologistes sur ce milieu, et qui a fait naître les travaux considérables qui ont paru sur ce sujet durant ces vingt dernières années, et qui en provoquera encore beaucoup d'autres.

La découverte des germes pathogènes dans l'eau, devait soulever d'importantes questions, fixer souvent l'étiologie de telle ou telle maladie reconnue contagieuse, et donner un essort nouveau à l'épidéméiologie. Après avoir étudié toutes les causes permettant l'infection d'un milieu, l'eau se montrait apte à remplir aussi ce même rôle, et son importance était d'autant plus grande, qu'elle pouvait apporter directement, en pleine économie animale, dans l'estomac et dans l'intestin, les germes, causes de maladies redoutables.

Cette importance de l'eau, véhicule de germes patho-

gènes, a été si bien mise en lumière par certaines épidémies, qu'elle a été vite reconnue et acceptée par la majorité des savants.

L'enthousiasme qui suit l'apparition de toute idée, de tout fait nouveau, permettant d'expliquer et de réunir certaines observations sans liens bien apparents, a parfois amené les partisans de la propagation de certaines maladies par l'eau à des exagérations, en leur faisant oublier ou négliger les autres causes de contage, mais elle a eu pour résultat de donner l'essor à l'étude de l'eau et de faire améliorer dans de notables proportions l'alimentation en eau potable de nombreuses villes et de beaucoup de groupes. C'est elle qui a permis de se rendre compte, qu'en dehors de la présence des germes pathogènes, l'eau souillée soit par les matières organiques ou les germes saprophytes, peut encore jouer un grand rôle dans la préparation de l'éclosion d'une maladie.

Si la majorité des savants admettent aujourd'hui l'origine hydrique pour les maladies dont les germes peuvent exister dans l'eau, il est une école qui refuse à l'eau ce rôle, c'est celle de Max Pettenkofer en Allemagne. Tandis que Robert Koch, son compatriote, se montre grand partisan du rôle de l'eau comme véhicule de germes pathogènes, Pettenkofer et son école admettaient toute autre cause invocable mais rejettaient l'origine hydrique.

En France, la plupart des savants ont admis le rôle de l'eau dans la propagation de certaines maladies, mais il en est cependant, comme le professeur Arnould, ancien médecin inspecteur de l'armée, qui inclinait volontiers vers la théorie de Pettenkofer et voyait rarement la cause d'une épidémie dans l'eau.

Si l'on ouvre un ouvrage d'un partisan de l'origine hydrique des maladies, l'on en trouve de nombreux exemples souvent indiscutables ; si au contraire on consulte un ouvrage d'un partisan de la théorie de Pettenkofer, on y voit de nombreux exemples à l'appui de cette

thèse. Il faut donc admettre que les deux écoles ont du bon et tout en étant partisan de la théorie indiscutable de la propagation de certaines maladies par l'eau, admettre aussi que ces mêmes maladies peuvent avoir d'autres causes de transmission comme la disposition des différents groupes, les poussières de l'air, le contage direct d'individu à individu.

Pour nous, partisan de la théorie hydrique, nous pensons cependant qu'elle ne saurait toujours être scientifiquement démontrée et qu'il faut tenir grand compte de toutes les autres causes de contamination.

Nous voyons déjà combien est important le rôle de l'eau dans la propagation de certaines maladies dites d'origine hydrique.

Que faut-il entendre par maladies d'origine hydrique ? Nous appellerons ainsi celles dont les germes peuvent vivre un certain temps dans l'eau et que l'on a souvent trouvés dans ce milieu, celles en un mot dont l'eau a été souvent et incontestablement le véhicule des germes.

Beaucoup de germes pathogènes ont été trouvés dans l'eau ; les uns, comme ceux de la tuberculose, du charbon, de la diphtérie, du tétanos, etc., n'y ont été rencontrés que bien rarement et n'ont jamais donné lieu, à notre connaissance du moins, à des épidémies dont l'eau pouvait être invoquée comme véhicule, les autres, au contraire, comme la fièvre typhoïde et le choléra, ont eu souvent l'eau pour disséminateur, ce sont eux qui font souvent de l'eau le véhicule transmetteur des graves maladies dont ils sont les agents incontestables.

Parmi les maladies dont l'eau est le plus souvent le véhicule, nous devons citer, à côté de la fièvre typhoïde et du choléra, la dysenterie, peut-être la fièvre palustre et le goitre.

La fièvre palustre ou malaria est due à un hématozoaire décrit par Laveran ; on ne sait, d'après Arnould, sous quelle forme il existe dans le milieu extérieur. Laveran

pense que ses véhicules sont l'air et surtout l'eau « en faveur de laquelle il n'apporte pas d'argument péremptoire », ajoute Arnould, que nous savons partisan de la théorie de Pettenkofer.

Les endroits humides et marécageux semblent être les foyers du paludisme ; un sérieux aménagement des eaux superficielles, le drainage seront de bons moyens de combattre le mal.

De nombreux travaux attribuent aujourd'hui la dissémination du paludisme à une espèce de moustique, « l'anophèle » ; d'après des travaux encore récents, ce mode de propagation serait le seul réel.

Le goitre, sans cause connue, a été souvent attribué à l'eau. Malgré l'abondance des travaux publiés sur cette question, on ne sait encore de quelle cause relève cette maladie, quel est son agent, et il nous paraît excessif de vouloir toujours l'attribuer à l'eau.

Le docteur Imbeaux a pu remarquer qu'en Meurthe-et-Moselle la maladie paraît liée au sol marneux. « Une comparaison vient, dit-il, tout naturellement à l'esprit entre la malaria et le goitre : ces deux maladies sont liées à certains sols (l'une au sol marécageux, l'autre au sol marneux) ; toutes deux affectent l'organisme entier, mais causent souvent l'hypertrophie de certaines glandes (l'une la rate et l'autre le corps thyroïde) ; toutes deux s'effacent et tendent à disparaître devant les progrès de l'hygiène ; toutes deux ont leur antiseptique spécifique (l'une le quinine, l'autre l'iode) ; toutes deux enfin ne doivent-elles pas reconnaître une cause semblable, et la découverte de l'hématozoaire de Laveran ne doit-elle pas nous conduire à croire, par analogie, à l'existence d'un parasite vivant qui est l'agent spécifique de la dégénérescence goitreuse et crétineuse ».

En attendant qu'on ait découvert cet agent, si agent il y a, on peut penser qu'il est favorisé par l'humidité, la misère physiologique et qu'il peut avoir pour véhicule l'air et l'eau.

La dysenterie, dont on ne connaît pas le germe spécifique, est très souvent due à l'ingestion d'eau souillée, mais reconnaît aussi parfois d'autres causes : aliments avariés, refroidissement brusque, mauvais régimes, etc., etc.

Certains auteurs lui donnent comme germe le coli-bacille virulent. C'est déjà dire que souvent ce germe existe dans l'eau sans que cette eau puisse provoquer de dysenterie.

Pour le moment, tout ce que l'on peut dire, c'est que l'ingestion d'eau souillée, d'eau sale au sens hygiénique, peut déterminer des dysenteries graves, mais il ne faut pas oublier qu'elles peuvent aussi relever d'autres causes.

Des travaux récents du médecin aide-major Dopter semblent montrer que le coli-bacille joue un grand rôle dans les épidémies de dysenterie.

La fièvre typhoïde, bien plus que les maladies précédentes, a vu son germe transporté par l'eau. L'on relate, en effet, fort souvent, des épidémies de fièvre typhoïde pour lesquelles le rôle de dissémination des germes par l'eau est indéniable.

Il ne faut pas croire cependant qu'il en est toujours ainsi et que la fièvre typhoïde reconnaît seulement l'eau comme cause de dissémination. Les élèves de Pettenkofer sont là pour nous prouver le contraire.

Nous pensons cependant qu'il y a de grandes exagérations dans les deux camps, les premiers voient trop exclusivement l'origine hydrique de la fièvre typhoïde, tandis que les derniers nient ou cherchent à atténuer bien souvent l'évidence.

Les épidémies de fièvre typhoïde qui ont été fort bien observées, surtout dans ces derniers temps, montrent que si l'eau joue un grand rôle dans la plupart des cas, comme milieu disséminateur, l'on a aussi observé des épidémies de fièvre typhoïde où son rôle semblait nul et qui reconnaissaient toute autre cause.

Le cadre de cet ouvrage et le plan que nous nous sommes tracé, ne nous permettent pas de rapporter ici en détail plusieurs de ces épidémies qui montreraient sûrement ce qu'il y a de vrai dans les deux théories de dissémination de la fièvre typhoïde. Il ne faut pas être ici trop exclusif et reconnaître qu'à côté de l'eau et sans elle, on peut observer des épidémies typhiques.

Il n'y a rien d'étonnant que l'on puisse trouver des bacilles typhiques dans l'eau à un moment donné. Son passage dans ce milieu est surtout facile dans les campagnes. Qu'un malade ayant pris le germe à l'extérieur arrive dans un de nos villages, durant toute la maladie et suivant les habitudes de la localité, les déjections du typhique seront répandues soit sur le fumier devant la porte, soit dans le jardin, soit encore dans des fosses non étanches d'où il sera repris ensuite pour servir d'engrais. Le bacille d'Eberth ainsi disséminé pourra être apporté à la source, au puits ou à la fontaine qui alimente le village, par les pluies qui viendront laver le fumier, le sol, et entraîner, partie à la surface, partie dans la profondeur du sol, le bacille d'Eberth. Il n'est donc pas étonnant qu'il arrive, surtout dans nos campagnes, où elle n'est jamais bien protégée, à l'eau d'alimentation, où il peut vivre au moins trois mois comme nous l'avons vu.

Ceux qui s'alimentent avec les eaux ainsi souillées pourront contracter la fièvre typhoïde et alors on verra naître presque subitement ces épidémies massives, qui sont le propre des épidémies d'origine hydrique.

Nous venons de dire que les individus qui s'alimenteront d'eau ainsi souillée pourront contracter la fièvre typhoïde; nous avons à dessein employé cette expression car tous ceux qui ingéreront cette eau ne seront pas atteints. C'est ici qu'il faut faire intervenir les prédispositions individuelles et les conditions du milieu. L'encombrement, l'alimentation insuffisante ou mauvaise, l'ingestion d'eau souillée par des espèces banales ou certaines quantités de

matières organiques, l'intensité de l'épidémie, en un mot l'état général du milieu dans lequel elle se développe : autant de conditions que les partisans de la théorie hydrique de la fièvre typhoïde semblent parfois oublier et que les partisans de l'Ecole de Pettenkofer exagèrent souvent.

L'origine hydrique de la fièvre typhoïde a été présentée longtemps avant que l'on sache en rechercher le germe dans l'eau.

C'est ainsi qu'en 1826, le docteur Toussaint, en relatant l'épidémie de fièvre typhoïde de Saint-Nicolas en Meurthe-et-Moselle l'attribue « à la grande chaleur et surtout à l'usage de l'eau de fontaine qui contenait des miasmes marécageux ».

Disons, en terminant ces quelques détails sur la propagation de la fièvre typhoïde, que l'Ecole française, à part quelques rares unités, admet l'origine hydrique.

Nous pensons que c'est en effet l'eau qui le plus souvent doit être mise en cause, sans négliger toutefois les autres facteurs hygiéniques et la contamination directe, ou par les poussières de l'air.

Le choléra, comme la fièvre typhoïde, reconnaît souvent comme cause l'eau. R. Koch, qui en a découvert le germe, dit : « qu'on ne connaît pas un seul cas dans lequel le choléra, comme le sang de rate et la variole, se soit propagé par des objets secs. »

Cette affirmation, comme le fait remarquer Arnould, est au moins imprudente. Kitasato et Berckholtz ont montré qu'il peut vivre un certain temps à l'état sec.

D'autre part nous savons qu'il peut vivre plus d'un an dans une eau qu'il aurait contaminée.

On peut dire pour lui ce que nous disions plus haut pour la fièvre typhoïde : qu'il peut être véhiculé par l'eau, mais que la contagion peut relever encore de bien d'autres causes.

Toujours, comme par le bacille d'Eberth, l'ingestion

d'eau souillée par les matières organiques et les germes saprophytes, prédispose l'organisme au développement du bacille du choléra.

L'on voit, par tout ce qui précède, combien est importante l'étude des germes de l'eau, et le rôle capital que jouent en hygiène les germes pathogènes. Il nous sera donc relativement facile d'interpréter maintenant les résultats de l'analyse bactériologique de l'eau.

CHAPITRE VI

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'EXAMEN BACTÉRIOLOGIQUE

Nous avons vu que l'analyse bactériologique faisait connaître, tout au plus pour un milieu donné, le nombre de germes de l'eau étudiée et parfois la présence de germes pathogènes.

Que peut-on conclure du nombre de germes trouvés dans l'eau ?

Au point de vue de sa valeur, nous avons remarqué combien étaient différentes les échelles de Miquel et Macé, aussi nous n'y reviendrons pas.

Nous pensons qu'une eau qui renferme beaucoup de germes est une eau mal filtrée et par suite à la merci de tout germe pathogène, on doit donc la rejeter de l'alimentation ou la surveiller de très près.

Il ne faut pas oublier que le nombre des germes n'a pas la même importance après une période de pluie ou de sécheresse et que dans l'étude microbienne des eaux, il faut tenir grand compte des conditions météorologiques qui ont précédé le prélèvement de l'échantillon.

La présence dans l'eau d'un grand nombre de germes, peut gêner aussi la recherche des pathogènes et l'on n'est jamais sûr avec de telles eaux, si la présence de germes dangereux pour la santé publique ne nous a pas échappé.

En ce qui concerne les germes d'action douteuse, comme ceux de la putréfaction et le coli-bacille, il sera toujours nécessaire de les rechercher dans l'eau et de rejeter le plus possible de l'alimentation toute eau pouvant les contenir,

surtout pour le coli-bacille. La présence de ce dernier dans l'eau pouvant rendre vaine la recherche du bacille d'Eberth, il faudra, comme nous l'avons déjà dit, tenir pour très suspectes les eaux pouvant en renfermer. Nous rappellerons que l'on a vu des épidémies de dysenteries où le coli-bacille a paru jouer le rôle de germe pathogène.

Que peut-on conclure de la présence de germes pathogènes dans l'eau ?

Ici la réponse est nette et s'impose d'elle-même ; ces eaux doivent être absolument bannies de l'alimentation.

Quel que soit le temps que ces germes puissent vivre dans l'eau, quel que soit le mode de contamination de ce milieu, les eaux qui ont pu, à un moment donné, se contaminer, pouvant le faire à nouveau, doivent être rejetées de l'alimentation, à moins cependant que la cause de contamination, bien étudiée et bien connue, puisse être radicalement supprimée. Dans ce dernier cas, l'eau ne sera distribuée à nouveau que lorsque les germes pathogènes en auront entièrement disparu.

Nous avons vu que nos moyens d'investigation pour l'étude et la recherche des germes pathogènes dans l'eau sont encore bien imparfaits, mais ici, s'il y a doute sur les résultats des expériences de recherche, l'on devra toujours signaler l'eau comme suspecte. Il vaut mieux, comme on l'a déjà fait du reste, préconiser un excès de précautions que de ne pas en demander assez.

L'indifférence du plus grand nombre pour ces importantes questions qui touchent de si près à la santé publique, fait un devoir, à l'hygiéniste, de réclamer des pouvoirs publics les mesures sanitaires propres à amener, petit à petit, une meilleure alimentation en eau potable de nos villes et surtout de nos campagnes, ce qui diminuerait, dans de grandes proportions, la réceptivité de ces milieux aux germes pathogènes et par suite les grandes épidémies et la mortalité.

En résumé, la valeur d'une eau au point de vue bactériologique, comme au point de vue chimique, est une chose fort délicate à déterminer et qui nécessite, outre la connaissance du nombre de germes, celle de leurs espèces et en général tous les renseignements que l'on aura pu recueillir sur l'eau et sur le prélèvement si on n'a pas pu l'opérer soi-même.

QUATRIÈME PARTIE

DE LA VALEUR FILTRANTE DES DIVERS TERRAINS

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

Cette question, très importante, n'a pas été beaucoup étudiée et l'on ne sait que peu de choses aujourd'hui sur le merveilleux mais souvent infidèle filtre qu'est le sol.

Les recherches entreprises à ce sujet ont permis de se rendre compte, dans une certaine mesure, de la distribution des germes et des matières organiques dans les diverses couches du sol, mais ne permettent pas de conclure à la richesse organique et microbienne d'une nappe donnée, qui se trouverait à une profondeur connue, sous un terrain déterminé.

Pour étudier la valeur filtrante des divers terrains, il faut d'abord connaître ces derniers, voir ce qu'est le filtre avant d'en étudier le fonctionnement.

Ici les expériences de laboratoire sont tout à fait insuffisantes. C'est à peine, en effet, s'il est possible de se rendre compte de la valeur filtrante des sables de grain connu, sous une épaisseur donnée, mais il sera toujours matériellement impossible d'étudier ainsi les calcaires fissurés, ou les éboulis calcaires, ou même les alluvions. Comment reproduire en effet, artificiellement et exactement, la masse souvent énorme des calcaires, ses fissures. Il en est de même pour les éboulis essentiellement constitués par des

débris de roches ou de terrains, débris plus ou moins tassés, plus ou moins perméables.

Il faut donc dans cette étude renoncer aux expériences de laboratoire qui ne pourraient nous fournir parfois que des résultats approchés et souvent tout à fait inexacts, pour s'adresser aux nappes souterraines et aux sources.

L'analyse de l'eau de ces nappes et de ces sources qui ont filtré à travers les terrains dans lesquels nous les retrouvons, nous renseignera sur la valeur de ces terrains comme filtres naturels, mais devrons-nous encore, avant de nous prononcer, faire plusieurs analyses aux différentes époques de l'année, période de pluie ou de sécheresse, en tenant grand compte des souillures inévitables ou voulues qui peuvent atteindre la surface du terrain étudié.

Si, quelle que soit la souillure superficielle du sol, l'analyse relève une composition constante de la nappe ou de la source, on pourra conclure à la valeur comme filtre du terrain étudié ; si au contraire cette composition varie avec les pluies ou la sécheresse, l'abaissement ou l'élévation de la température, l'intensité de la souillure de la surface, nous pourrons en conclure que le terrain étudié est un mauvais filtre puisqu'il ne préserve point sa nappe des variations de souillures extérieures.

On voit, d'après ce qui précède, que les meilleurs filtres seront ceux qui laisseront passer le moins de germes et de matières organiques et par suite ceux qui auront les pores les plus fins.

D'après ce que nous avons vu du mode de progression de l'eau dans l'intérieur du sol, nous pouvons conclure que tel terrain qui ferait un mauvais filtre sous une petite épaisseur, peut devenir un filtre acceptable sous une épaisseur bien plus grande. C'est ainsi, comme nous le verrons, que les alluvions, sous des épaisseurs de 2 ou 3 mètres, sont le plus souvent, pour ne pas dire toujours, des filtres détestables, tandis que sous des épaisseurs de 8 à 10 mètres ils peuvent être considérés comme de bons filtres.

Nous pouvons aussi prévoir que nous trouverons des terrains compacts, comme l'argile et les marnes, qui ne laisseront pas passer l'eau ; c'est sur ces couches géologiques que l'eau viendra se collecter après avoir traversé les terrains perméables au-dessous desquels ils sont placés.

Nous voyons déjà qu'au point de vue qui nous occupe, on peut classer approximativement les terrains en trois catégories.

1° Ceux qui filtrent bien.

2° Ceux qui tout en laissant passer l'eau sont douteux, même sous de grandes épaisseurs.

3° Ceux enfin qui arrêtent l'eau.

Comme nous le disions plus haut, ce n'est que par des analyses d'eau nombreuses et répétées que l'on pourra se faire une idée de la valeur filtrante des terrains traversés par les eaux étudiées.

CHAPITRE II

VALEUR FILTRANTE DES DIVERS TERRAINS

Cette valeur ne peut résulter que de l'étude longtemps suivie des eaux des nappes des divers terrains. Cette étude doit porter surtout sur la richesse microbienne et organique des eaux à toutes les époques.

Il est donc nécessaire, lorsque l'on étudie un terrain, d'avoir recours à toutes les analyses connues des eaux de sa nappe, d'y joindre les analyses personnelles, souvent nécessitées par les lacunes que nous paraissent présenter certains travaux et tirer de ces résultats une conclusion qui, si elle n'est pas tout à fait générale, permet néanmoins de se faire une idée assez exacte, de la valeur comme filtre des terrains étudiés.

C'est ce qu'a fait le docteur Imbeaux, Ingénieur des ponts et chaussées, pour les terrains de Meurthe-et-Moselle.

Nous ne saurions mieux faire que de donner ici ses conclusions, basées surtout sur la partie bactériologique de l'analyse de l'eau.

« Les grès filtrent parfaitement, même sous de faibles épaisseurs, et donnent des eaux très pures : tels sont les grès vosgiens, le grès infraliasique, le grès de Luxembourg, et même le grès médiolasique.

Les calcaires fissurés ne donnent des nappes pures que si leur épaisseur est considérable et atteint une cinquantaine de mètres ; encore faut-il faire des réserves pour les sources vauclusiennes provenant le plus souvent de rivières souterraines. Ainsi les nappes profondes sont seules bien sûres : telles sont en Meurthe-et-Moselle les grandes

nappes médioconchylienne, bajocienne et infracorallienne. Il faut y ajouter les eaux qui s'infiltrent profondément dans les marnes, telles que les nappes du gypse et la nappe dolomitique (quand la dolomie est recouverte par le keuper supérieur).

Les calcaires minces et fissurés ne donnent que des eaux douteuses dont le nombre des germes, comme le débit, d'ailleurs, augmente rapidement après des pluies intenses, et qu'il est absolument nécessaire de protéger efficacement. Tels sont les zones supérieures du muschelkalk, la dolomie moellon (quand elle couronne les plateaux), le calcaire du lias, les calcaires bathoniens et principalement les couches si minces du calcaire ocreux, du calcaire callovien et de la base de l'astartien.

Les alluvions anciennes ou modernes ne donnent de l'eau pure et indépendante des souillures de la surface que si le gravier est d'un grain assez fin et si la couche est assez épaisse; il ne semble pas qu'on ait de sécurité à moins de 6 mètres de profondeur. Si l'on doit recourir à des drainages moins profonds, il faudra donc aussi assurer la protection du périmètre.

Les eaux sont toujours très exposées aux contaminations dans leur trajet sous des éboulis, c'est-à-dire entre la source géologique et la source réelle. Ce trajet a donc besoin de la plus sérieuse protection ; mieux vaut encore éviter ce passage dangereux en remontant les captations jusqu'aux sources géologiques et aux terrains en place. Les ouvrages de captation doivent donc être aussi profonds que possible ; ils doivent de plus être bien étanches et parfaitement à l'abri des eaux de ruissellement et d'infiltrations superficielles ; on ne saurait trop attirer sur ces points l'attention des Ingénieurs. »

De notre côté, nous avons fait quelques recherches sur la valeur filtrante des alluvions anciennes et modernes, en nous servant surtout, comme terme de comparaison, de la partie chimique de l'analyse de l'eau.

Nous rapporterons ici, succinctement, ces recherches, pour montrer que les conclusions tirées de la chimie de l'eau sont, tout au moins pour les terrains étudiés, conformes à celles fournies par son étude bactériologique.

Nous ne citerons pour les alluvions anciennes qu'un cas très net de souillure de la nappe après fumage.

L'eau étudiée provient de la nappe souterraine de ces alluvions. Elle a été prélevée à la pompe d'un puits foré au milieu de terrains de grande culture fumés tous les ans. Ce puits a 5 mètres de profondeur et la hauteur d'eau de la nappe est de 2 mètres. Au moment de chaque prise d'échantillon la pompe était en action depuis douze heures.

Les premiers prélèvements ont été faits avant le fumage, les derniers quatre mois après, mois durant lesquels il y a eu, à diverses reprises, quelques jours de pluie suivis d'une assez longue période de sécheresse.

Aux deux époques des prélèvements, la pompe avait un très grand débit et l'eau qui en sortait était d'une limpidité parfaite.

Les analyses des divers échantillons ont donné pour ces deux périodes les résultats suivants :

		Avant le fumage.	Après le fumage.
Degré hydrotimétrique	total	14°	15°,5
	permanent	2°	1°
Résidu sec à 100°		280 (rougeâtre)	330 (grisâtre)
Sulfates en SO^4H^2		0	traces très sensibles
Chlorures en NaCl		0	traces très sensibles
Nitrates en AzO^3H		10	traces
Nitrites		0	0
Chaux		110	145
Magnésie		0	traces
Silice		11	traces
Fer en peroxyde		traces	2
Matières organiques (en milligrammes d'oxygène par litre)	Milieu alcalin	1,0	5,0
	Milieu acide	1,0	5,2
Oxygène		10	7,4
Ammoniaque	Libre	0	0,32
	Albuminoïde	traces	0,40

Tous ces résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

Ces analyses montrent qu'avant le fumage, l'eau était potable, qu'après le fumage, elle ne l'est plus.

Une analyse seule ne suffit donc pas pour se prononcer sur la valeur d'une eau comme boisson; avant de conclure, il faut en prélever plusieurs échantillons à différentes époques.

Ces expériences suffisent à nous montrer que les alluvions anciennes sont de très mauvais filtres, même sous 5 mètres d'épaisseur; non seulement ils laissent passer les matières organiques, mais encore les germes, comme nous l'avons vu plus haut.

Dans le cas qui nous occupe, il est indiscutable qu'elles ont laissé parvenir à la nappe souterraine les matières organiques provenant des fumiers épandus à leur surface.

Cette souillure se manifeste par une augmentation notable de matières organiques, dont on ne peut nier l'origine animale, étant donnée l'augmentation de la chaux, des chlorures et surtout de l'azote ammoniacal, de l'azote des albuminoïdes et des amides qui les accompagnent. Nous voyons en même temps l'oxygène diminuer ainsi que la nitrification.

Pour nous rendre compte de la valeur des alluvions modernes, comme filtre, nous avons fait un grand nombre d'analyses d'eau provenant de puits différents, creusés dans ces alluvions.

Ces puits, peu ou point protégés, contre les contaminations (il en est qui se trouvent à quelques mètres de fosses fixes non étanches) sont creusés sur une zone de plusieurs kilomètres d'étendue. Leur profondeur varie de 4 à 6 mètres; la hauteur d'eau de la nappe est toujours supérieure à 1 mètre. Les échantillons ont été prélevés avec le plus grand soin, et les diverses analyses faites toujours le plus près possible du moment de la prise d'échantillon.

Le tableau suivant montre combien la souillure de certains d'entre eux est manifeste.

PUITS CREUSÉS dans les alluvions modernes.	AZOTATES	AZOTITES	AMMONIAQUE		OXYGÈNE	MATIÈRES ORGANIQUES en milligrammes d'oxygène par litre.		GERMES
			Libre.	Albuminoïde.		Milieu alcalin.	Milieu acide.	
A creusé à 10 m. de fosses fixes.	»	»	0,48	0,48	11	5	5,8	Nombre incalculable le 3e jour; le 4e jour gélatine entièrement liquéfiée.
B creusé dans un jardin entouré de maisons. .	130	3	Traces.	0,12	10,4	3,6	3,4	»
C creusé dans la campagne loin d'habitations.	10	Néant.	Traces.	0,1	11	2,6	3	Le 3e jour 7 000.
D creusé dans un grand jardin, fumure intense.	60	Traces.	0,30	0,52	9	4,6	5,2	Nombre incalculable dès le 5e jour.
E creusé près d'habitations.	»	»	Traces.	0,24	9,6	4,4	4.6	Le 8e jour 17 500.
F creusé dans un jardin près fosses fixes . . .	100	Traces.	0,10	0,82	10	6,4	5.8	Gélatine entièrement liquéfiée dès le 2e jour.
G creusé devant une ferme, fumier au-dessus.	140	2	0,90	0,76	6	7.6	6,4	»
H protégé sur un grand périmètre.	30	0	Traces.	Traces.	10,8	1,8	2.2	Le 8e jour 2 100.

Dans les nombreuses analyses que nous avons faites et qu'il serait beaucoup trop long de rapporter ici, les puits qui se sont montrés les meilleurs ont toujours été ceux qui se trouvaient forés loin de toute habitation, sur un point relativement élevé, toujours en amont et jamais en aval des terrains de culture.

Nous avons placé dans le tableau ci-contre, à côté des puits manifestement souillés, le puits H qui, lui aussi, s'alimente à la nappe des alluvions et donne cependant une eau potable. C'est que ce puits est foré au milieu d'un terrain non cultivé et parfaitement protégé.

Ces résultats montrent que la nappe des alluvions modernes, comme celle des alluvions anciennes, ne devra servir à l'alimentation que si l'on peut assurer un périmètre de protection assez étendu autour du point de captation et un drainage d'une profondeur de plus de 6 mètres.

Il faudra donc, chaque fois que l'on aura à se prononcer sur la valeur d'une eau comme boisson, surtout si cette eau provient des alluvions, faire les plus grandes réserves si l'on n'a pu étudier convenablement la nappe sonmise à l'analyse.

CINQUIÈME PARTIE

ÉPURATION DE L'EAU

CHAPITRE PREMIER

NÉCESSITÉ DE L'ÉPURATION

Nous avons vu, dans les diverses parties de cet ouvrage, comment l'eau se souille, comment la chimie et la bactériologie nous permettent de rechercher ces souillures ; il nous faut, avec ce bagage, envisager maintenant l'important problème de l'épuration.

Nous savons que s'il existe des eaux stériles à leur point d'émergence, elles se souillent peu après, et nous avons vu qu'il était impossible de se procurer des eaux pures au sens vrai du mot. Toutes les eaux terrestres sont en effet souillées, soit par l'air, soit par les premières couches du sol, et renferment plus ou moins de matières organiques et de germes. Ces matières organiques et ces germes pouvant être un danger pour la santé publique, il est nécessaire d'épurer, le plus souvent, l'eau destinée à la boisson.

Que sera cette épuration ?

Elle peut être totale ou partielle.

Nous appellerons *épuration totale*, celle qui enlèvera à l'eau toutes ses souillures organiques et microbiennes, et *épuration partielle*, celle qui, tout en séparant la grande majorité des souillures organiques et des germes de l'eau, laisserait encore dans ce milieu une souillure appréciable par nos procédés généraux d'investigation.

Nous verrons bientôt en étudiant les multiples procédés d'épuration de l'eau, que la plus grande majorité ne peut donner, quelle que soit la souillure initiale de ce milieu, qu'une épuration partielle plus ou moins grande, ce qui nous permettra de classer ces divers procédés.

L'épuration totale sera rarement obtenue, cependant il est des procédés qui nous permettront de nous en approcher de bien près et même de l'atteindre.

Lorsque l'on se trouve en face d'un problème aussi important que celui de l'épuration de l'eau, problème qui est l'application pratique des connaissances acquises dans les premières parties de cet ouvrage, on se heurte à une foule de difficultés matérielles.

Il ne suffit pas, en effet, de pouvoir épurer des quantités d'eau suffisantes pour un individu ou une petite collectivité, mais bien de rechercher quels sont les procédés pratiques qui permettent d'assurer les quantités d'eau épurée nécessaires pour l'alimentation d'une ville quelqu'importante qu'elle soit.

Ces procédés d'épuration devront pouvoir s'appliquer à toutes les eaux, quelle qu'en soit la souillure initiale et quelle qu'en soit leur masse.

Mais, pour épurer de grandes masses d'eau, il est nécessaire d'avoir recours à des procédés peu coûteux, car la question d'argent est ici capitale. L'on doit toujours en tenir grand compte dans les applications de l'hygiène, sans elle les progrès de cette science seraient immenses, malheureusement les ressources disponibles, même des villes riches, ne permettent pas toujours l'application de mesures hygiéniques nécessaires, souvent de première nécessité.

L'alimentation en eau potable d'une ville ou d'une collectivité est un des plus pressants problèmes que l'hygiène ait à résoudre, et souvent c'est faute d'argent que sa solution est longue à obtenir.

Aussi devons-nous demander aux procédés d'épuration

d'être peu coûteux, tout en offrant le maximum de garantie.

Il ne sera pas inutile que leur mise en œuvre soit simple, c'est là encore une condition de succès. Il est nécessaire, en effet, que les frais d'entretien de l'usine épuratrice ne soient pas une charge pour les collectivités et que le procédé puisse être mis en œuvre par qui que ce soit.

Il serait nécessaire que les autorités locales se rendent compte de l'importance d'un bon aménagement des eaux d'alimentation, qu'elles prêtent tous leurs soins à l'étude des eaux de la région administrée, et qu'elles n'hésitent pas à consentir les sacrifices nécessaires pour améliorer leur eau de boisson si besoin est, soit en captant des eaux potables et pures, soit à leur défaut, en épurant les eaux employées.

Une Commission technique, surtout composée d'ingénieurs, de médecins, de pharmaciens et de chimistes et qui serait chargée de l'étude des eaux de la région, de la surveillance et de l'amélioration des eaux de boisson, rendrait les plus grands services aux villes qui, à l'exemple de Paris, sauront comprendre l'importance de cette alimentation.

Nous avons vu, en effet, que pour pouvoir se prononcer sur la valeur d'une eau, il faut avoir recours à la géologie et l'hydrologie, la chimie et la bactériologie ; les deux premières de ces sciences seraient représentées par les ingénieurs, la chimie par les pharmaciens et les chimistes ; la bactériologie par les médecins et par les pharmaciens.

Le pharmacien, par ses connaissances variées et approfondies, tant en chimie qu'en bactériologie, en hygiène qu'en histoire naturelle, habitué par sa profession même aux manipulations délicates, nous paraît tout particulièrement utile à consulter ; il sera dans tous les cas l'expert consciencieux, auquel pourront être confiées toutes les analyses nécessaires pour éclairer la Commission.

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler ici, ne fût-ce qu'à titre de curiosité, que « c'est en 1802 que fut créé à

Paris le premier conseil d'hygiène, sur l'instigation du pharmacien Cadet-Gassicourt qui était le conseiller de Dubois, préfet de police de l'époque. Il était composé de Cadet-Gassicourt, Huzard, Deyeux et présidé par le grand Parmentier. C'est seulement cinq années plus tard, en 1807, que deux médecins, Leroux et Dupuytren, furent adjoints à ces quatre pharmaciens. »

Il ne s'agit plus aujourd'hui de demander à l'épuration, comme on le faisait autrefois, une clarification plus ou moins parfaite de l'eau ; nous savons, en effet, qu'une eau très limpide peut encore renfermer des substances toxiques, des germes pathogènes, il faudra pouvoir les atteindre.

On a d'abord incriminé, comme nous l'avons vu, les substances minérales, puis les substances organiques et enfin les germes. Chacune de ces conceptions a donné lieu à des travaux sérieux, qui ont fait progresser, surtout de nos jours, l'étude de l'épuration de l'eau.

Les filtres ont eu d'abord un grand succès et ont attiré à eux l'attention des hygiénistes, mais depuis qu'il est démontré que l'opération par filtration est coûteuse, difficile à mettre en œuvre, et souvent incertaine, les procédés chimiques ont pris un développement qui va croissant tous les jours. Nous verrons, en les étudiant, que certains d'entre eux, sont incontestablement supérieurs à tous les filtres connus, tant à cause des résultats qu'ils donnent, que par la facilité de leur mise en œuvre et par leur bon marché.

Afin de nous rendre mieux compte de la valeur de tous ces procédés, nous diviserons leur étude en plusieurs classes et nous étudierons successivement :

1° L'épuration naturelle ;
2° — par le froid ;
3° — par la chaleur ;
4° — par les appareils de fortune ;
5° — par filtration ;
6° — chimique.

CHAPITRE II

ÉPURATION NATURELLE

Les diverses eaux étant plus ou moins souillées suivant leur provenance, leur parcours à l'air libre ou souterrain, les agglomérations, les usines et les villes situées à leur proximité, une même eau prise en différents points de sa masse pouvant présenter des souillures différentes, il était tout naturel de penser, qu'à côté de toutes les causes d'infection de ce milieu, devait se trouver aussi des phénomènes naturels d'épuration.

S'il n'en était pas ainsi, toutes les eaux se souilleraient de plus en plus et deviendraient de véritables foyers d'infection.

Nous avons vu que les eaux de citernes s'épuraient par le repos; c'est là une première épuration naturelle, due très probablement en grande partie, pour les matières en suspension, aux simples lois de la pesanteur, et pour les matières en dissolution aux réactions chimiques qui varient d'intensité de la surface dans la profondeur. Ces résultats nous paraissent suffisamment établis, pour les matières organiques, par les travaux des pharmaciens aide-major de première classe Sarthou et Malméjac, travaux que nous avons consignés plus haut, lorsque nous étudions les transformations des matières organiques dans l'eau.

Mais, il n'y a pas seulement que les eaux en repos qui s'épurent naturellement, il en est encore de même des eaux courantes. Ici, l'épuration est due à une série d'attractions moléculaires, de frottements, de précipitations, de réactions chimiques et aussi à la concurrence vitale.

Cette dernière semble même jouer, en ce qui concerne les germes, le rôle principal.

Ce n'est que depuis la découverte des germes pathogènes dans l'eau que les études, sur ce milieu, ont pris de l'importance et ce n'est aussi que sur les germes en général qu'ont porté les études de purification naturelle. La matière organique semble un peu oubliée; cependant, de ses transformations dépend la valeur de l'eau comme milieu de culture.

Sans qu'il soit possible de citer, en ce qui les concerne, des expériences directes, on reste dans la vérité en supposant que les précipités qui se forment naturellement dans les eaux au repos ou courantes, entraînent avec eux, en même temps que les germes, une partie de la matière organique, comme cela a été constaté pour les procédés d'épuration par l'alun, le perchlorure de fer, etc., etc., que nous étudierons plus loin.

Dans les eaux de fleuves ou de rivières, le mouvement amène un plus grand nombre de particules solides en contact avec le fond et les rives, augmente aussi l'attraction moléculaire et multiplie les adhérences, ce qui diminue d'autant le nombre des germes et la quantité des matières organiques.

Il n'est pas, jusqu'à la pression supportée par les eaux, qui ne puisse avoir une répercussion surtout sur la vitalité des germes pathogènes.

La lumière solaire directe ou réfléchie possède une puissance stérilisatrice très grande, pouvant stériliser au sens vrai du mot, au bout de peu de temps, l'eau insolée.

Cette lumière pouvait agir de deux façons différentes : 1° Par la chaleur, 2° par les rayons chimiques.

Les études qui ont été faites sur ce sujet permettent de négliger la chaleur fournie par les rayons solaires, et de ne tenir compte que de leur action chimique.

Nous allons en rappeler rapidement quelques-unes afin

de montrer combien est intense l'épuration par la lumière.

En étudiant les eaux de l'Isar à Munich, Prannitz a montré que ce fleuve, qui possède 305 germes par centimètre cube avant son entrée à Munich, en a : à 7 kilomètres après Munich 12.600 ; 9.100 à 13 kilomètres ; 4.800 à 22 kilomètres ; 2.400 à 33 kilomètres et a déjà perdu les 5/6 de ses germes vivants.

Si dans cette expérience toutes les causes d'épuration naturelles entrent en jeu, il est probable que c'est surtout l'action de la lumière qui a amené les résultats constatés.

En étudiant l'action de la lumière solaire sur le bacillus pyocyaneus introduit dans l'eau prélevée sur les conduites de Munich, Buchner a trouvé les résultats suivants :

	BACILLUS Soleil.	PYOCYANEUS Obscurité.
Nombre initial	142.000	135.000
Après 10 minutes.	98.400	—
— 20 —	54.400	—
— 30 —	42.600	—
— 45 —	8.400	—
— 60 —	0	150.000

L'on a pu vérifier que cette action stérilisatrice de la lumière solaire était encore sensible à 3 mètres de profondeur, mais ce dernier chiffre peut varier avec la transparence et la limpidité des diverses eaux.

L'on pouvait se demander si la lumière solaire qui détruisait si rapidement certains germes, pouvait atténuer la virulence des germes pathogènes ; c'est ce qu'a démontré le Dr Palermo. En opérant avec des cultures de bacille du choléra insolées plus de trois heures et moins de trois heures, ou laissées à l'obscurité, il a montré que ces deux dernières cultures, injectées à des cobayes les tuaient, tandis que les cultures insolées, plus de trois heures, n'amenaient pas la mort de ces animaux.

A côté de toutes ces causes d'épuration naturelle, il ne

faut pas oublier le grand épurateur qu'est le sol. Si l'eau se souille en traversant ses premières couches, elle s'épure, comme nous l'avons vu, à mesure que l'on descend vers les couches profondes, pour donner, parfois, des sources stériles à leur point d'émergence.

Cette épuration par le sol est immense et l'on peut dire que c'est dans ce milieu que se font les grandes transformations qui forment le cycle vital. Cette épuration est due à toute une série de phénomènes physiques et chimiques, variables avec les conditions de temps, de climat et aussi de souillures extérieures.

L'air, à son tour, est un épurateur, pour les eaux qui séjournent ou courent à l'air libre. Son action épuratrice reconnaît surtout pour cause l'action de son oxygène sur les matières organiques des eaux, dont il favorise la minéralisation. Nous avons eu à citer plusieurs exemples de ce fait en étudiant les matières organiques dans les eaux.

L'on peut s'étonner de voir tant de causes naturelles concourir à l'épuration des eaux et de ne pouvoir trouver que bien rarement ces dernières sans souillures.

Ce fait est le propre de l'homme.

En effet, le plus souvent, pour ne pas dire toujours, c'est dans les terrains éloignés de toute habitation que l'on trouve les meilleures sources, les nappes les plus pures. Là, on peut constater l'action de l'épuration naturelle, car avant de s'enfoncer dans le sol, les eaux ont à ruisseler un certain temps au-dessus ou au travers de terres plus ou moins cultivées et par suite ont pu s'y souiller. Mais les souillures de ces surfaces sont plus que décuplées par l'établissement des collectivités humaines, si petites soient-elles : établissement qui permettra la souillure en grand.

C'est pour éviter ces souillures en grand du sol, du sous-sol des villes, que ces dernières créent des réseaux d'égouts, et veillent, dans le plus grand intérêt de tous,

à ce que rien ne vienne souiller d'une façon permanente la surface. Si le sol est souillé, la moindre fissure, le plus petit défaut dans la canalisation de l'eau de boisson peut permettre la souillure de cette dernière d'autant plus rapidement que le sol sera plus souillé ; et nous avons vu les graves épidémies qui peuvent en résulter.

On peut dire que si l'homme n'apportait pas au sol, plus ou moins vierge, des souillures de toute sorte : accidentelles ou systématiques, la nature épurerait elle-même les eaux qui auraient pu se souiller à la surface du sol et la grande majorité des eaux serait bonne, ce que l'on est loin de trouver aujourd'hui.

Quelles que soient les causes de souillures des eaux, nous savons qu'il est difficile d'en trouver de pures, malgré l'action épuratrice des forces naturelles : actions physiques, chimiques, concurrence vitale, etc., etc., il faut donc que l'homme, lorsqu'il ne pourra disposer d'eau pure, sache épurer celle qu'il a à sa disposition ; nous allons donc étudier maintenant quels sont les procédés mis en œuvre pour arriver à ce résultat.

CHAPITRE III

ÉPURATION PAR LE FROID

On n'a jamais songé à se servir du froid pour épurer les eaux d'alimentation et, par suite, à étudier ce mode d'épuration, mais les nombreuses études qui ont été faites sur la glace, permettent de penser que ce serait là un procédé douteux.

Il est certain que lorsque l'on fait congeler une eau, celle-ci abandonne en grande partie les substances minérales dissoutes, mais il n'en est pas de même pour les matières organiques et les germes. L'étude de la glace consommée aujourd'hui en si grande quantité, présente donc en hygiène une grande importance ; elle nous montrera que la température de 0° est tout à fait insuffisante pour détruire les germes de l'eau, même lorsqu'elle est maintenue pendant un certain temps.

Des températures bien plus basses sont encore inefficaces contre la majorité des germes et c'est ainsi que Pasteur a pu écrire : « Les microbes inoffensifs ou pathogènes résistent presque tous à des températures même très basses ».

L'effet du froid prolongé est cependant sensible sur les bactéries de l'eau qui, d'après Fraenkel, perdait en deux jours les 4/5, en cinq jours les 9/10 de leurs germes. Mais ce sont surtout les bactéries banales, les saprophytes qui disparaissent; les germes pathogènes sont beaucoup plus résistants. Cela ressort nettement des travaux de Prudden sur les bactéries de la glace.

Tandis que le bacillus prodigiosus et le proteus vulga-

ris avaient disparu au 51° jour de gelée, Prudden obtenait avec le bacille typhique, très résistant, les résultats suivants :

	BACILLE TYPHIQUE PAR C.C.
Avant congélation.	Incalculables.
Après 11 jours de congélation. . .	1.019.403
— 27 — — . . .	386.457
— 42 — — . . .	89.796
— 77 — — . . .	72.930
— 103 — — . . .	7.348

On voit par là qu'une congélation de cent trois jours a amené une diminution notable dans le nombre des germes typhiques, mais n'a pas encore donné une purification absolue.

Si, au lieu de laisser la congélation se maintenir pendant longtemps, on soumet l'eau à des alternatives de congélation et de décongélation, on arrive à de meilleurs résultats. C'est en opérant ainsi sur de l'eau renfermant le bacille typhique que Prudden a trouvé les résultats suivants :

	BACILLES TYPHIQUES PAR C.C.	
	Congélation et décongélation.	Congélation continue.
Bacille typhique par c. c. au début . .	40.000	40.000
— — après 3 congél. en 24 h.	90	
— — — 8 — en 3 j.	0	
— — — 5 jours congélat.		2.500

Cette expérience montre bien que les congélations et décongélations alternatives détruisent plus sûrement les bactéries de la glace que la congélation continue.

Fraenkel, dans certains échantillons de l'eau provenant de la fusion de la glace consommée à Berlin, a trouvé de 21 à 8.800 germes par centimètre cube, et dans d'autres 25.000, tandis que la glace fabriquée avec de l'eau distillée n'en contenait presque pas.

A Paris, le laboratoire municipal a fait l'analyse de l'eau de deux échantillons de glace saisis et que l'on suppose provenir du lac Daumesnil. Le premier échantillon

renferme un chiffre incalculable de colonies par centimètre cube, le second en contient 25.000, mais la gélatine est liquéfiée au bout de quatre jours.

Dans d'autres analyses de glace naturelle provenant de diverses glacières, ce même laboratoire trouve de 5.600 germes par centimètre cube à des numérations impossibles.

On pourrait encore citer bien des chiffres à l'appui de ce que nous venons de dire : que si la congélation diminue à la longue le nombre des germes contenus dans une eau, elle ne stérilise pas cette eau et est, par suite, un mauvais procédé d'épuration.

Mais, il n'y a pas que les germes qui sont retenus par la glace, cette dernière renferme aussi, suivant son origine, des proportions variables de matières organiques. M. Riche, dans un échantillon de glace provenant de l'étang de la Brèche, près Paris, y a trouvé par litre, une quantité de matières organiques représentée par 140 milligrammes d'acide oxalique, alors que l'on admet qu'une eau n'est pas potable lorsqu'elle en renferme plus de 20 milligrammes exprimés aussi en acide oxalique.

D'autre part, au laboratoire municipal de Paris, on a trouvé dans l'eau de fusion de divers échantillons de glace, des quantités de matières organiques variant de 11 à 75 milligrammes et au-dessus, d'acide oxalique par litre.

Ces résultats nous montrent que le froid est un mauvais épurateur aussi bien pour les matières organiques que pour les germes et que, par suite, il ne saurait être recommandé.

La glace bulleuse est toujours plus souillée que la glace transparente. Ces études montrent, en outre, qu'il y a grand intérêt pour le consommateur à exiger de la glace pure, c'est-à-dire de la glace provenant d'eau potable, s'il désire se mettre en garde contre tous les dangers que court le consommateur d'eaux impures.

Ces dangers sont très réels et l'on a pu observer assez souvent de petites épidémies dues à la consommation de glace souillée, ou comme aux Etats-Unis des dyspepsies que des médecins de ce pays n'hésitent pas à attribuer à l'impureté de la glace consommée dans ces contrées.

J. Carder, en 1875, à la suite d'une épidémie grave de diarrhée de Rye-Beach (Etats-Unis) incrimine la glace souillée provenant du lac Onondaya.

Bien d'autres observations viennent encore confirmer les résultats que nous venons de mentionner ; il serait beaucoup trop long de les rapporter ici.

En résumé, le froid est un bien mauvais épurateur de l'eau, il y laisse vivre les germes les plus dangereux, les pathogènes, et subsister à côté d'eux de grandes masses de matières organiques. C'est à peine, si après un long temps de congélation les germes pathogènes diminuent.

D'autre part, ce procédé d'épuration nécessiterait de véritables usines productrices de froid et serait coûteux, tout en étant bien précaire, il est donc à rejeter entièrement.

Le procédé d'épuration qui consisterait en congélations et décongélations alternatives donnerait, nous l'avons vu, de meilleurs résultats, mais il serait encore long et très difficile à mettre en œuvre, nécessiterait un outillage compliqué et serait par suite coûteux tout en pouvant bien souvent être infidèle. Comme l'épuration par congélation simple, c'est un procédé à rejeter.

Les températures inférieures à zéro, seront aussi, comme nous l'avons vu, inefficaces pour épurer l'eau ; si elles empêchent le développement des germes, elles ne les détruisent pas sûrement, même après un temps assez long, nous n'y aurons donc pas recours.

CHAPITRE IV

ÉPURATION PAR LA CHALEUR

Nous venons de voir combien le froid est peu utile pour la stérilisation de l'eau, voyons s'il en est de même pour la chaleur.

D'une manière générale, si la résistance des microbes au froid est très grande, ils périssent, au contraire, assez rapidement lorsqu'on les porte à une température supérieure à leur optimum.

Leur résistance à la chaleur est variable suivant les milieux dans lesquels ils se développent, et surtout suivant qu'on les chauffe à la chaleur sèche ou à la chaleur humide ; le chauffage à sec doit toujours être fait à une température supérieure à celle du chauffage humide ou bien il doit être prolongé plus longtemps que ce dernier.

Les spores des germes résistent mieux à la chaleur que les germes eux-mêmes. Si dans l'air sec on n'obtient la stérilisation de l'eau qu'en chauffant à 150°, comme l'a montré Miquel, une température bien inférieure suffit à détruire tous les germes pathogènes connus et particulièrement ceux que nous savons le plus souvent propagés par l'eau : le bacille du choléra et le bacille typhique ; il en est de même pour le bacillus-coli communis.

Pour obtenir une stérilisation absolue,il faudra, d'après Pasteur, chauffer jusqu'à 110° et 120°.

Sternberg a montré, en chauffant divers microbes dans leur milieu de culture, pendant dix minutes, que la température mortelle était 56° pour le bacille typhique et 52° pour le spirille du choléra asiatique, ce dernier chauffé

pendant quatre minutes seulement. De même, après dix minutes, Chauveau a trouvé 54° pour le bacille du charbon, Löffler 60° pour le bacille de la diphtérie.

On voit par là qu'en portant l'eau à l'ébullition et maintenant cette dernière pendant dix minutes, on peut détruire tous les germes pathogènes et par suite enlever à l'eau destinée à la boisson ses plus redoutables souillures.

Mais l'eau que l'on obtient ainsi est chaude et fade, désagréable à boire, même lorsqu'on la laisse refroidir, opération qu'il faudra faire autant que possible à l'abri d'air souillé ; nous avons vu, en effet, que plus une eau est pure, plus elle a de chances de s'ensemencer.

L'eau tiède désaltère très bien mais on lui préférera toujours l'eau fraîche. Or l'eau que l'on obtient par l'ébullition est chaude, fade et trouble. On lui a fait de bien plus grands reproches, on l'a accusée d'être lourde à l'estomac, peu nutritive.

D'après Guinard « l'ébullition change bien peu le degré hydrotimétrique d'une eau de boisson et les variations les plus grandes s'observent surtout lorsqu'il s'agit d'eaux très riches en bicarbonates, très dures, et par conséquent impropres à l'usage alimentaire. Il n'y a donc pas lieu de craindre que l'ébullition diminue beaucoup la valeur nutritive d'une eau de boisson et prive l'organisme de cette source de matières salines qui d'ailleurs n'est pas indispensable, car les matières minérales se trouvent en quantité d'entretien suffisante dans les aliments tels que le pain, vin, viande, etc., etc.

L'eau ne perd jamais tous ses gaz par l'ébullition, mais alors qu'il en serait ainsi, ce n'est pas une raison pour proscrire l'eau bouillie des usages alimentaires journaliers. L'eau bouillie abandonnée à l'air dans un endroit frais, pendant vingt à vingt-quatre heures, redissout la majeure partie de l'oxygène et de l'azote qu'elle a perdus ».

Ces conclusions, de M. Guinard, n'empêcheront pas, nous le craignons, de reprocher à l'eau bouillie sa fadeur. Son

aération pendant vingt-quatre heures permettra le plus souvent d'ensemencer à nouveau l'eau, ce qui n'aura pas grand inconvénient si l'air ne charrie pas de germes pathogènes, mais ce qui serait dangereux dans le cas contraire.

Même ainsi aérée, l'eau bouillie est fade et sera toujours mal acceptée.

L'ébullition, qui est un procédé simple et sûr de stérilisation, est cependant peu répandue, précisément parce qu'il faut beaucoup de temps pour laisser refroidir l'eau, et que l'eau ainsi obtenue est encore désagréable à boire.

Pour éviter cet inconvénient, un grand nombre de constructeurs allemands et quelques constructeurs français, ont imaginé des appareils qui permettent de stériliser l'eau sous pression à 120 ou 130° et grâce à un échangeur et à un clarificateur, d'obtenir l'eau stérilisée, à la sortie de l'appareil, à une température très voisine de celle qu'elle possédait à son entrée.

Ce sont MM. Rouart, Geneste et Herscher qui ont les premiers, en France, construit ces appareils.

Voici ce qu'en dit le professeur Riche dans une étude sur la stérilisation des eaux de boisson, parue au *Journal de pharmacie et de chimie* du 1er août 1891.

« L'eau est introduite et maintenue un temps suffisant dans une chaudière chauffée par un moyen quelconque à 120 ou 130°. L'appareil étant clos, il n'y a pas production sensible de vapeur, et par suite la consommation de chaleur est faible.

L'eau stérilisée, sortant de la chaudière, circule de haut en bas, dans un serpentin placé dans une enveloppe close, étanche, nommée l'échangeur, où passe, de bas en haut, de l'eau froide qui sert à alimenter la chaudière ; de cette façon l'eau à stériliser pénètre vers 100° dans cette chaudière.

Si l'on tient à avoir de l'eau froide immédiatement, on la dirige dans un deuxième serpentin entouré d'eau froide placée dans un vase couvert.

L'eau stérilisée refroidie passe ensuite dans un clarificateur où elle dépose les matières en suspension. Si l'eau était très salée, elle pourrait être clarifiée par dépôt ou autrement, avant d'être amenée dans l'échangeur.

On stérilise initialement tout l'appareil en faisant arriver directement l'eau à la chaudière ; elle en sort à 120 ou 130° et elle stérilise l'échangeur et le clarificateur.

L'eau doit être maintenue pendant quinze minutes à 120° ou pendant dix minutes à 130°.

Ce système a été étudié avec un soin rigoureux, dit M. Pouchet dans le numéro d'avril 1900 des *Annales d'hygiène*, et il donne des résultats parfaits au point de vue de la stérilisation ; le sable du clarificateur essayé par ensemencement dans les liquides de cultures diverses a toujours été stérile.

La matière organique diminue d'un peu plus du tiers ; elle est attaquée par l'oxygène de l'air qui diminue beaucoup.

Voici les résultats obtenus pour les gaz :

		EAU	
		Avant stérilisation.	Après stérilisation.
Oxygène dissous.	en poids.	10.750	4,00
	en volume.	9 c.c. 51	2 cc. 8
Acide carbonique.		25 c.c.	10 c.c.

La composition de la matière solide subit aussi une altération nuisible par la séparation d'une partie notable des carbonates alcalino-terreux.

Cette destruction des matières organiques ne peut être qu'excellente, il en est de même le plus souvent pour la précipitation des carbonates alcalino-terreux ; l'inconvénient de la méthode réside dans la perte en proportion notable des gaz oxygène et acide carbonique, quoiqu'il en reste une certaine quantité. »

Avec ces appareils on peut obtenir, suivant leur volume, de 75 à 800 litres d'eau stérilisée à l'heure. Plusieurs modèles sont mobiles.

Le stérilisateur du professeur Vaillard, médecin principal de première classe de l'armée et de Desmaroux, est basé sur les mêmes principes.

D'après Guichard, président de la Société de Pharmacie de Paris, l'appareil se compose du « caléfacteur où l'eau est chauffée à la température convenable et le temps nécessaire pour la stérilisation, de deux échangeurs de température composés de lames métalliques concentriques, enroulées, entre lesquelles circulent, d'une part, l'eau impure, d'autre part, l'eau stérilisée, les surfaces de contact étant les mêmes, l'eau qui sort a sensiblement, à 1° ou 2° près, la même température que l'eau naturelle. Cette température est mesurée par un thermomètre régulateur. Enfin deux régulateurs de pression, l'un à l'entrée, l'autre à la sortie, complètent l'appareil. »

Ces appareils permettent une stérilisation parfaite et il serait à désirer qu'ils soient plus largement utilisés et que les constructeurs en fassent de petits modèles pouvant être utilisés dans les familles.

A côté des procédés de stérilisation par la chaleur : ébullition simple, ou stérilisation sous pression, va tout naturellement se ranger la stérilisation par distillation.

Ce dernier procédé devrait être le procédé idéal puisqu'il enlève à l'eau toutes ses souillures : minérales, organiques et microbiennes, mais il produit une eau détestable à boire, possédant encore un goût plus fade que celui de l'eau bouillie, ce qui s'explique aisément puisqu'elle ne renferme pas du tout de sels minéraux et de matières organiques, corps que l'on rencontre dans l'eau souillée.

Aussi, ne fait-on guère usage de l'eau distillée qu'en pharmacie, pour préparer certains médicaments, et dans la marine.

Dans cette dernière, on se sert fréquemment de l'appareil Perroy qui, d'après M. Guichard, « se compose de trois par-

ties : l'aérateur, le réfrigérant et le filtre à noir animal ; l'aérateur est placé devant le réfrigérant sur le passage de la vapeur qui vient des chaudières du bâtiment, il se compose de deux cônes entrant l'un dans l'autre ; le cône extérieur communique avec l'air par un robinet, la vapeur arrive dans le cône intérieur, passe dans le cône extérieur, entraîne une grande quantité d'air, puis la vapeur se condense dans le réfrigérant tubulaire, au milieu d'une masse d'air dont elle se sature, enfin elle se rend dans la caisse à noir animal où elle se filtre et se débarrasse du « goût de feu », l'eau de mer pour la condensation arrive par le seul effet de la diminution de densité. Les grands appareils produisent 10.000 litres par vingt-quatre heures, les petits produisent 6.000 et 3.500 litres ».

A part les cas particuliers : alimentation en eau potable des bâtiments ou des ports sans eau douce, la distillation ne saurait être recommandée comme procédé de stérilisation de l'eau.

En résumé, on peut stériliser l'eau à l'aide de la chaleur par trois procédés :

1° Ebullition simple ;

2° Ebullition sous pression ;

3° Distillation ;

De ces trois procédés, l'on doit donner la préférence à l'ébullition sous pression obtenue avec les appareils Renard, Geneste et Herscher, ou Vaillard et Desmaroux : ils peuvent seuls fournir, de suite, une eau stérile et fraîche.

L'ébullition seule, maintenue pendant dix minutes, rendra aussi de bons services dans les cas difficiles (voyage, manque d'appareils de stérilisation, etc.), elle débarrasse bien l'eau des germes dangereux.

Lorsque l'on n'aura pas le temps de faire bouillir l'eau, on la portera à 60° ou 70° pendant un quart d'heure, ce qui la débarrassera presque toujours des germes pathogènes que l'on y rencontre le plus souvent : le bacille du choléra et le bacille typhique.

L'eau bouillie étant très fade sera plus facilement acceptée si on s'en sert pour faire des infusions très légères de thé, de café, ou même simplement de marc de café. On fera ainsi, d'une boisson désagréable, une infusion stimulante.

Au point de vue sûreté, les procédés de stérilisation par la chaleur doivent être placés au premier rang des procédés d'épuration. Ils détruisent tous les germes.

CHAPITRE V

ÉPURATION PAR LES APPAREILS DE FORTUNE

Les appareils de fortune sont ceux que chacun peut construire et pour lesquels on trouvera toujours et partout le nécessaire.

Ces appareils seront le plus souvent des filtres détestables, mais à défaut de tout autre chose, ils pourront encore rendre des services.

On pourra, par exemple, à l'aide de quatre petits bâtons placés en carré et ficelés par leurs bouts, former un cadre sur lequel on fixera un morceau de molleton, de flanelle, de drap ou de toile ; on aura ainsi constitué un filtre, de bien peu de valeur, c'est vrai, mais qui servira tout au moins à obtenir de l'eau claire avec de l'eau trouble.

La filtration ainsi obtenue sera rapide, les matières tenues en suspension dans l'eau seront arrêtées, mais non les matières dissoutes et les germes et ce sont surtout ces matières et ces germes qui sont les plus dangereux.

On peut obtenir une filtration plus sûre mais aussi bien plus lente en se servant d'un tonneau ouvert sur un bout et dans le fond duquel on aura percé un trou. Ce tonneau est placé sur trois ou quatre pierres et rempli à moitié de cailloutis de plus en plus petits et enfin de sable fin. L'eau trouble versée dans le tonneau sortira claire par le trou inférieur, mais on aura encore une filtration dont la valeur sera bien médiocre.

On pourra, en toute circonstance, tasser dans la douille d'un entonnoir de verre ou de métal un tampon de ouate hydrophile ou une éponge. L'eau trouble versée dessus

sortira claire, mais cette filtration, pas plus que la précédente, ne retient les matières dissoutes dans l'eau ni les germes.

On se débarrassera cependant assez facilement de ces substances en laissant en contact avec l'eau à filtrer, au moins pendant quatre heures, du charbon de bois lavé ou rougi.

Après les nombreux auteurs qui ont étudié le charbon comme substance filtrante, nous avons cru intéressant d'étudier son action sur les matières organiques de l'eau lorsqu'on le laisse en contact avec elle pendant un certain temps.

Il est généralement admis que, dans ces conditions, le charbon de bois ou charbon ordinaire absorbe les matières organiques de l'eau et que cette action demande un certain temps.

Il était nécessaire pour se rendre un compte exact de cette épuration de la soumettre à un contrôle rigoureux en faisant agir des quantités connues de charbon sur une eau dont on a préalablement déterminé la teneur en matières organiques.

A cet effet, nous avons établi trois séries d'expériences.

Pour la première nous avons prélevé, à l'aide d'une pince, au milieu d'un grand tas, plusieurs morceaux de charbon de bois qui ont été débarrassés des poussières en soufflant dessus; le charbon, à raison de 20 grammes par litre, a été introduit dans de l'eau dont on connaissait la teneur en matières organiques.

Pour la seconde, des morceaux de charbon provenant du même tas ont été soigneusement lavés à l'eau distillée bouillante puis introduits, toujours à raison de 20 grammes par litre, dans une quantité d'eau témoin égale à la première.

Enfin pour la troisième, la même quantité de charbon, après avoir été portée au rouge vif, a été introduite aussi

dans une quantité d'eau témoin égale aux précédentes.

Après une première agitation, l'eau est envahie par une poussière charbonneuse très légère qui met longtemps à se déposer et nécessite, même pour les dosages de matières organiques, une filtration. Le charbon au rouge introduit aussi dans l'eau de petites quantités de cendres qui la rendent un instant légèrement laiteuse. Avant de doser les matières organiques, nous avons séparé les particules ténues de charbon que l'eau entraînait, en la filtrant sur un papier filtre ordinaire préalablement lavé à l'eau distillée bouillante.

Après quatre heures de contact durant lesquelles les eaux ont été agitées un même nombre de fois un temps égal, on a dosé la matière organique par le procédé Lévy et obtenu comme moyenne de chaque série d'expériences les résultats suivants :

	MATIÈRE ORGANIQUE		ÉPURATION en
	milieu alcalin.	milieu acide.	
Eau témoin	3,4	4,6	4 heures
Eau épurée par le charbon non lavé	3,4	5,0	»
Eau épurée par le charbon lavé	2,0	3,8	»
Eau épurée par le charbon rougi	1,8	3,2	»

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre d'eau.

1° Après quatre heures, la purification par le charbon n'est pas encore commencée ; bien plus, ce charbon introduit dans l'eau une petite quantité de matière organique dosable au permanganate de potasse en milieu acide. C'est là un inconvénient que l'on évitera rarement si l'on fait usage du charbon brut pour épurer une eau qui doit être bue peu après.

2° L'action du charbon lavé à l'eau distillée bouillante

s'est manifestée par une diminution très sensible des matières organiques de l'eau témoin.

3° Il en est de même pour le charbon rougi. L'épuration par ce dernier est supérieure à celle donnée par le charbon lavé : elle sépare, après les quatre heures de contact, 50 p. 100 environ des matières organiques dosables en milieu alcalin et 33 p. 100 de celles dosables en milieu acide.

On peut conclure de ces résultats que par les deux derniers procédés (charbon lavé, charbon rougi) on obtient une épuration qui, avec des eaux moyennement contaminées, donnerait en quelques heures des eaux suffisamment pures, en ce qui concerne les souillures organiques.

L'action du charbon ne s'arrête pas là; son épuration se poursuit encore durant un certain temps; c'est ainsi que le charbon non lavé qui ne donne rien après quatre heures de contact, a donné les jours suivants une épuration de plus en plus accusée comme le montre le tableau suivant :

MATIÈRES ORGANIQUES EN MILLIGRAMMES D'OXYGÈNE PAR LITRE D'EAU APRÈS ÉPURATION DE :									
4 heures.		24 heures.		5 jours.		8 jours.		10 jours.	
m. alc.	m. ac.	m. alc.	m. ac.	m. alc.	m. ac.	m. alc.	m. ac.	m. alc.	m. ac.
3,4	5,0	2.6	3.0	2,0	2,2	2,0	2,2	2,0	2,2

Ces résultats montrent que, dans les conditions de l'expérience, l'action du charbon ne se poursuit pas au delà de cinq jours.

On pouvait encore se demander s'il n'existait pas dans l'eau des matières organiques non absorbables par le charbon.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons séparé de l'eau déjà épurée par ce corps, à l'aide d'un papier filtre préalable-

ment lavé, le charbon ne donnant plus d'épuration et nous avons ajouté à l'eau ainsi obtenue une nouvelle quantité de 20 grammes de charbon par litre. Après cinq jours de contact et plusieurs agitations, nous avons dosé dans cette eau la matière organique, ce qui a donné, comme moyenne de nos essais, les résultats suivants :

Matières organiques en milligrammes d'oxygène par litre d'eau.	Milieu alcalin.	1,2
	Milieu acide .	1,0

Cinq jours après un nouveau traitement de cette dernière eau par le charbon, nous obtenions :

Matières organiques en milligrammes d'oxygène par litre d'eau.	Milieu alcalin.	0,8
	Milieu acide .	0,6

Enfin un troisième traitement par le charbon après cinq jours de contact nous donnait les mêmes résultats.

Ces expériences semblent montrer que :

1° Il peut exister dans l'eau des matières organiques non absorbables par le charbon.

2° 60 grammes de charbon employés successivement par dose de 20 grammes ne donnent pas une épuration triple de celle assurée par les 20 premiers grammes.

Restait à savoir si le charbon employé à dose double donnerait en même temps une épuration double. Les résultats consignés dans le tableau ci-joint montrent qu'il n'en est pas exactement ainsi :

MATIÈRES ORGANIQUES EN MILLIGRAMMES D'OXYGÈNE PAR LITRE DES EAUX ÉPURÉES PAR LE CHARBON APRÈS 24 HEURES DE CONTACT

	1re EXPÉRIENCE		2e EXPÉRIENCE		3e EXPÉRIENCE		4e EXPÉRIENCE	
	m. alc.	m. ac.	m. alc.	m. ac.	m. alc.	m. ac.	m. alc.	m. ac.
Épuration par charbon, 20 gr.	2,2	3,4	5,2	4,8	0,8	1,2	2	2,6
Épuration par charbon, 40 gr.	1,6	1,8	3	2,6	0,2	0,8	1,4	1,2

Les quatre expériences ont été faites avec des eaux différentes sur lesquelles on a fait agir pendant vingt-quatre heures, d'une part, 20 grammes, de l'autre 40 grammes de charbon.

Les différences constatées pourraient s'expliquer en tenant compte de la plus ou moins grande porosité du charbon employé. Nous avons remarqué, en effet, que le charbon noueux absorbe moins de matières organiques que le charbon léger et poreux.

On voit donc que l'on ne pourra avoir confiance en l'épuration par le charbon flottant dans l'eau qu'autant que ce charbon aura pu y rester quatre heures environ.

Il existe des eaux qui ne cuisent que peu ou point la viande et les légumes, qui ne dissolvent pas le savon ; on remédiera à ces inconvénients en ajoutant à ces eaux, par litre, une petite pincée de carbonate de soude (0gr,30 à 0gr,40 environ), si l'on en ajoutait un peu trop, les légumes se réduiraient en bouillie.

Certaines eaux sont amères et salées, elles doivent ces propriétés au sel marin (chlorure de sodium) et au sel de magnésie qu'elles contiennent, il est très difficile de les rendre salubres. MM. le Dr Bernoux et le pharmacien principal de l'armée Strohl ont conseillé, pour remédier à cet inconvénient, l'emploi de la baryte. On reproche, à cette façon d'opérer, la toxicité des sels de baryum qui se forment par double décomposition. Pour ces eaux, la distillation seule permet d'obtenir un résultat satisfaisant, mais elle n'est pas toujours praticable, comme nous l'avons vu.

CHAPITRE VI

ÉPURATION PAR FILTRATION

Nous n'avons demandé aux appareils de fortune qu'une filtration grossière, une clarification, mais il ne saurait en être de même pour les filtres.

Un filtre aura d'autant plus de valeur qu'il arrêtera mieux les germes.

Le nombre des filtres offerts aujourd'hui au public est énorme, mais bien peu, comme nous allons le voir, arrêtent les germes et aucun ne donne une sécurité absolue. Il est incontestablement préférable de s'alimenter d'eaux de sources ou de nappes profondes, reconnues potables et pures, que de boire de l'eau douteuse, même filtrée au travers du plus parfait des filtres connus jusqu'à ce jour.

Nous ne décrirons pas ici tous les filtres offerts à notre admiration, filtres qui, à en croire leurs auteurs, sont tous parfaits, cela nous entraînerait beaucoup trop loin, mais nous nous occuperons plus particulièrement de ceux qui arrêtent les germes pendant un certain temps et qui, à ce titre, méritent d'attirer l'attention.

A côté de ces filtres applicables aux petites collectivités, il en est un autre : le filtre à sable qui sert à épurer de grandes masses d'eau et qui a donné d'excellents résultats dans l'alimentation en eau de bien des villes ; nous l'étudierons à la fin de ce chapitre.

Revenons aux filtres de ménages, c'est-à-dire aux filtres utiles pour de petites collectivités.

Nous venons de dire que la majorité de ces filtres laissent passer les germes, c'est-à-dire sont inefficaces, c'est

ce qui résulte de la magnifique étude faite par G. Sims Wodhead et G. E. Cartwicht Wood, sur un grand nombre de filtres, en les utilisant sans pression ou sous pression.

Voici leurs résultats :

1° Filtres sans pression

A. — *Filtres laissant passer directement les germes.*

1° Filtres au charbon silicaté : Tous ces filtres non seulement n'arrêtent pas les germes, mais encore augmentent les chances d'infection.

2° Filtres au charbon manganésé : Laissent passer tous les germes.

3° Filtres rapides à l'anticalcaire : Ce filtre, meilleur que les précédents, est encore mauvais.

4° Filtres à base de charbon de bois : Laissent passer les germes.

5° Filtres à base de couche d'amiante grossière, et de tissu fin d'amiante. Ce filtre se nettoie facilement mais n'arrête pas les germes infectieux.

6° Filtre au charbon associé à une étoffe d'amiante. Filtre inefficace.

7° Filtre magnétique. Inefficace.

8° Filtre à éponge de fer. Cet appareil retient un certain nombre de germes mais en laisse encore suffisamment passer pour rendre sa protection illusoire.

9° Filtre au charbon et air. Il ne faut pas compter sur cet appareil pour stériliser l'eau qu'il aère très bien.

10° Filtre Chavin. La substance filtrante n'est pas indiquée. C'est un mauvais filtre.

11° Filtres au charbon comprimé et au charbon granulé. Sont absolument inefficaces.

12° Filtres en pierre poreuse et en charbon combinés. Donnent de mauvais résultats.

13° Filtres alcarazas. Ne sont pas des filtres Pasteur comme l'indiquent les prospectus ; ils sont inefficaces.

14° Filtres au charbon de bois comprimé ou granuleux, ou les deux réunis. Sont inefficaces.

15° Filtres formés de couches successives de charbon de bois plus ou moins finement granulés. Inefficaces.

16° Filtres portatifs en grès. Ces filtres laissent passer même la levure blanche.

17° Filtres au charbon minéral et à la pierre ponce combinés. Inefficaces.

18° Filtres au charbon minéral moulé. N'arrête pas les bacilles.

B. — *Filtres qui ne laissent pas passer les germes.*

1° Filtre Chamberland en porcelaine formée d'un mélange de kaolin et d'autres argiles.

2° Filtre Berkefield. Terre siliceuse moulée.

3° Aéri-filtre Maillé. Porcelaine d'amiante. Ce filtre serait le plus parfait.

2° Filtres avec pression

A. — *Filtres qui ne semblent pas empêcher le passage des germes.*

Filtres au charbon silicaté ;
— à l'anticalcaire ;
— combinaison naturelle de charbon et de pierre ;
— à disques de papier ;
— à charbon et porcelaine.

B. — *Filtres ne permettant pas aux germes de les traverser.*

Filtres Chamberland, système Pasteur ;
Filtre Berkefield ;
Aeri-filtre Maillé.
Filtre Brownlow. Porcelaine non vernie.
Filtre Duff. Pierre naturelle contenant 41 millions de particules granuleuses par pouce cube.

Les conclusions générales de cette étude très importante sont les suivantes :

Comme matériaux filtrants on a employé :

1° Le charbon sous des formes variées, soit pur, soit allié à des substances chimiques (silicate, manganèse) soit encore disposé en poudre fine sur des morceaux d'amiante.

2° Le fer, sous forme de fer spongieux ou d'oxyde magnétique ou combiné à l'amiante.

3° L'amiante, soit en pulpe comprimée, soit en tissu sur lequel est déposé du charbon, soit en fin dépôt sur des disques de cellulose soit enfin sous forme porcelainée.

4° La cellulose en disque comprimé, seule ou revêtue d'un fin dépôt d'amiante.

5° Les pierres poreuses naturelles ou artificielles employées seules ou avec le charbon en poudre.

6° Les filtres de porcelaine.

7° Les filtres fabriqués avec des terres siliceuses ou formées de diatomées.

Les seules matières efficaces sont : la porcelaine, la terre siliceuse comprimée et la pierre naturelle.

L'efficacité d'un filtre dépend donc de la dimension de ses pores et de leur régularité et ce sont les milieux filtrants suivants qui remplissent ces conditions : porcelaines, terre de diatomée comprimée et pierre naturelle. Mais toutes les porcelaines ne sont pas égales et la plus parfaite est certainement la porcelaine d'amiante dans laquelle l'argile est mêlée à de l'amiante finement pulvérisée ; malheureusement le faible débit de ce filtre rend impossible son usage journalier.

L'amiante devra fournir un filtre parfait quand on aura perfectionné la construction des filtres, faits avec cette matière, mais ceux qui existent actuellement ne donnent pas de résultats satisfaisants.

Le filtre Berkefield a un large débit, mais est, au point de vue bactériologique, beaucoup moins efficace que la

porcelaine, néanmoins il arrête les germes pathogènes.

On voit combien sont importants les résultats fournis par Sims Woodhead et Cartwich Wood.

Plagge a fait aussi une étude très sérieuse des divers filtres, étude qui confirme les résultats consignés ci-dessus.

Schœfer a constaté la supériorité du filtre en pierre artificielle (sable agglutiné avec du silicate) sur le filtre à sable ordinaire en ce qui concerne le passage des germes dans l'eau. Thiele a fait les mêmes observations.

Dans une remarquable étude sur les eaux de la Divette, petite rivière qui alimente la garnison de Cherbourg, le professeur Vaillard, médecin principal de 1re classe de l'armée, a fait une critique sévère du filtre Maignen qu'il montre insuffisant.

D'après le professeur Jobin de Stockholm, le filtre Berkefield a un débit qui décroît continuellement ; après quatre jours le rendement n'est plus que de moitié, après huit jours du tiers, après quinze jours du vingt-cinquième. Quant aux bactéries, la diminution ou même la disparition ne sont que momentanées et le filtre n'arrête les microorganismes que pendant quatre jours. Si on ne le nettoie et ne le stérilise pas avant de le faire travailler, l'eau qui sort du filtre renferme plus de bactéries que celle qui y entre; pendant la filtration l'eau se charge de germes.

D'après le docteur Guinochet, le filtre Maillé serait parfait n'étaient sa fragilité et la délicatesse de sa fabrication.

Mais, de tous les filtres retenant les germes pendant un certain temps, le filtre Chamberland est celui qui a donné lieu au plus grand nombre de travaux et comme ce filtre est très répandu en France, nous croyons utile d'en analyser les principaux.

Disons de suite, que le filtre Chamberland (fig. 9) est un bon filtre, qu'avec lui, on pourra obtenir pendant un certain temps de l'eau stérile, à condition de nettoyer et de stériliser les bougies comme il sera dit plus loin.

Nous savons que ce filtre peut laisser passer les germes au bout d'un certain temps, cela n'a rien d'étonnant. L'eau qui filtre au travers des pores de la bougie peut y laisser et y laisse effectivement des germes, ceux-ci, soit par

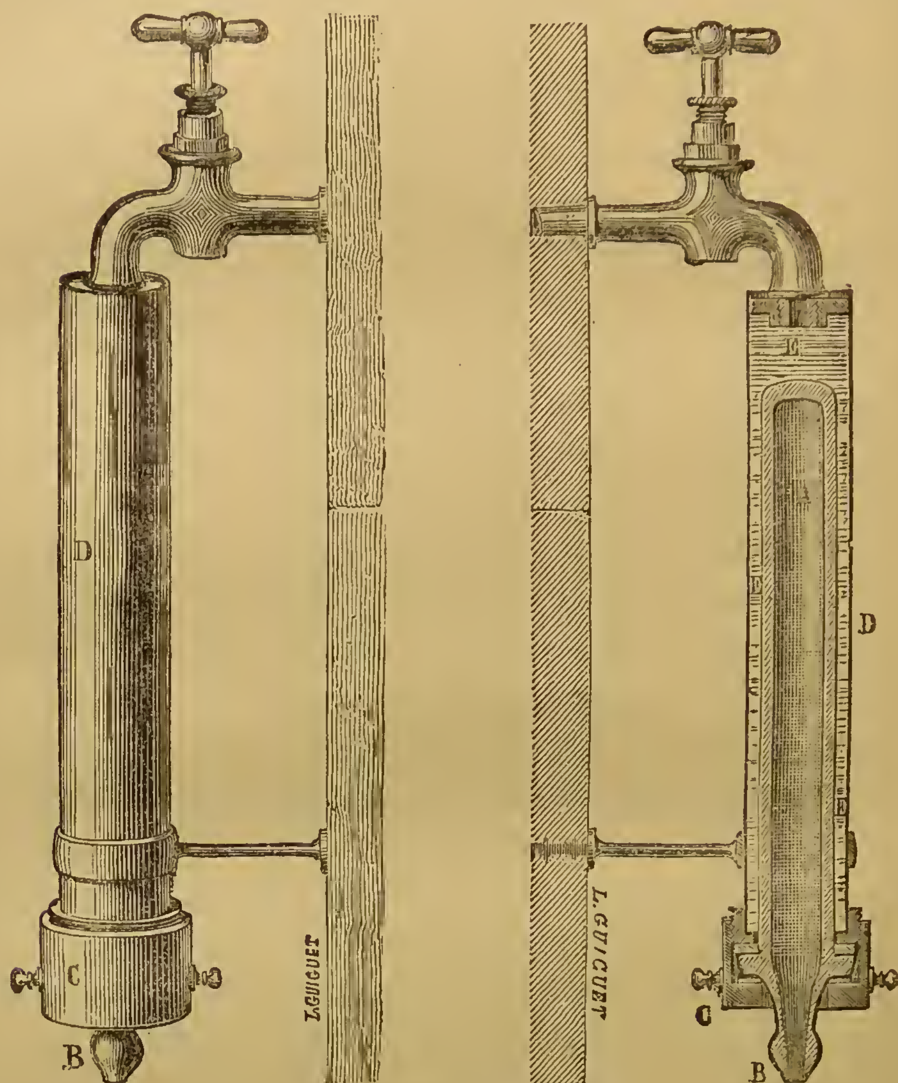


Fig. 9.
Profil et coupe du filtre Chamberland pour la purification des eaux.

attraction moléculaire ou toute autre cause, restent dans les pores pendant plus ou moins de temps, mais ne sont pas tous tués pour cela ; ils y vivent et peuvent ainsi arriver jusqu'à l'eau qui se trouve à l'intérieur de la bougie. Cette eau se peuplera alors d'autant plus vite qu'elle sera plus pure.

La bougie Chamberland, fournira d'autant plus long-

temps de l'eau privée de germes, qu'elle sera mieux nettoyée et stérilisée. Ce filtre ne confère donc pas une protection absolue, mais comme le dit Duclaux dans son *Traité de microbiologie :* « Où y a-t-il de l'absolu autour de nous ? »

Le filtre Chamberland a besoin, pour donner de l'eau pure, d'être nettoyé et stérilisé souvent.

Le docteur en pharmacie Lacour, pharmacien principal de l'armée dit que : « sans nettoyage, le filtre Chamberland laisse passer les germes dès le quatrième jour, et que le septième, l'eau filtrée en renferme plus que l'eau avant filtration. Mais avec nettoyage journalier et régularisation de pression, le filtre donne de l'eau stérile pendant neuf jours; le douzième jour, le nombre de germes de l'eau filtrée était supérieur à celui de l'eau avant filtration ».

Le filtre Chamberland étant très difficile à nettoyer, O. André a imaginé un nettoyeur très bon mais la stérilisation par la chaleur de cet appareil est difficile, aussi a-t-on proposé de procéder à la stérilisation des bougies à froid à l'aide d'antiseptiques puissants, inoffensifs, faciles à éliminer.

C'est ainsi que le docteur Lacour a été amené à proposer la stérilisation par l'alcool et par l'alun. Peu après, Guinochet, pharmacien en chef de l'hôpital de la Charité, a préconisé le permanganate de potasse ; « le choix semble heureux sous tous les rapports », dit le docteur Lacour.

Voici comment opère ce dernier auteur :

« Après avoir fermé le robinet de conduite, on vide le cylindre, puis on introduit par le clapet placé à la partie supérieure, un mélange à parties égales d'alcool à 95° et d'eau, de façon à remplir complètement l'appareil. On ferme alors le clapet, puis on ouvre le robinet de la conduite, après avoir réglé la pression à une atmosphère. Dès que l'alcool commence à filtrer, c'est-à-dire après moins d'une minute, on ferme le robinet et on laisse l'appareil en repos pendant trois ou quatre heures. Passé ce délai,

on enlève la liqueur alcoolique au moyen du robinet de vidange et l'on fait arriver l'eau de la conduite, en ayant soin de recueillir à part le premier demi-litre de liquide qui filtre et qui renferme l'alcool qui se trouvait dans l'intérieur des bougies et dans le collecteur après l'enlèvement du liquide stérilisateur.

Le même alcool peut servir indéfiniment.

Avec l'alun on opère comme dans le procédé décrit pour l'alcool. Seulement, il faut avoir soin de bien rincer le filtre après chaque stérilisation, et ne recueillir le liquide filtré qu'environ vingt minutes après la mise en marche. A ce moment toute trace d'alun a complètement disparu. »

M. Guinochet indique le modus faciendi suivant pour stériliser, par le permanganate de potasse, le filtre Chamberland.

« On introduit par l'ouverture supérieure de l'appareil, le courant d'eau étant nécessairement arrêté, et après un nettoyage préalable avec des frottoirs en caoutchouc, une solution de permanganate de potasse à $\frac{1}{1000}$ et on ferme cette ouverture. On laisse en contact un quart d'heure, puis on rétablit le courant d'eau, afin de faire passer cette solution à travers les bougies et au contact de toutes les parties formant réservoir ; au bout d'un quart d'heure on arrête l'eau, on fait couler la solution contenue dans l'appareil, on rince deux ou trois fois à l'eau ordinaire, puis on établit définitivement le courant d'eau, et on ne recueille celle-ci que lorsqu'elle sort parfaitement incolore, ce qui demande seulement quelques minutes. La couleur intense du permanganate de potasse permet de reconnaître facilement le moment où il a été complètement éliminé de l'appareil.

En même temps que le permanganate de potasse produit une stérilisation parfaite, il nettoie les bougies de porcelaine en oxydant les matières organiques glutineuses qui imprègnent ces bougies. Enfin, même en supposant qu'il ne soit pas complètement éliminé avant de recueillir

l'eau destinée à la consommation, la dilution en serait telle qu'évidemment aucun danger ne pourrait résulter de l'ingestion de cette eau. Il y a plus, et c'est là une propriété heureuse de cet antiseptique, il se détruit au fur et à mesure de son action en se transformant en bioxyde de manganèse insoluble qui se dépose et qui, d'ailleurs, est non seulement inoffensif, mais même employé en thérapeutique comme succédané des préparations ferrugineuses. »

On a pensé un instant que la stérilisation au permanganate de potasse devait diminuer le débit du filtre à cause du bioxyde de manganèse qui se forme. Guinochet a montré que même pour des eaux très chargées en matières organiques, il n'en était pas ainsi.

M. Guinochet ajoute : « tout le monde sait qu'au bout d'un certain temps, les bougies de porcelaine, quel que soit le mode de nettoyage employé, voient leur débit diminuer peu à peu. J'ai cherché un moyen propre à leur rendre leur débit primitif, sans avoir besoin de les démonter et, bien entendu, sans les altérer le moins du monde. Il m'a suffi, après l'action du permanganate de potasse cette fois à 5 p. 1000, de faire exactement la même opération avec le bisulfite de soude à 1 p. 20. Cette solution se prépare avec la solution commerciale de bisulfite de densité 1,300, en mêlant 50 centimètres cubes de cette solution à 950 centimètres cubes d'eau.

En résumé, on pourrait formuler ainsi une instruction pour l'entretien des filtres Chamberland :

1° Faire *tous les jours* un nettoyage superficiel par frottement.

2° Faire *toutes les semaines* (plus souvent seulement si l'eau est impure) une stérilisation à froid au moyen d'une solution de permanganate de potasse à 1 p. 1000.

3° Faire *trois ou quatre fois par an* un nettoyage à froid en faisant usage successivement d'une solution de permanganate de potasse à 5 p. 1000 et d'une solution de bisulfite de soude à 1 p. 20.

Dans ces conditions, l'eau filtrée sera sûrement privée de tout microbe et les mêmes filtres pourront servir presque indéfiniment. »

M. le médecin major Vincent, professeur agrégé au Val-de-Grâce, pense que le procédé le plus efficace et le plus pratique de stérilisation et de régénération des bougies Chamberland est le flambage à la chaleur sèche par le four Pasteur ou le four de boulanger, à une température d'environ 280° à 300° prolongée pendant trente minutes. Cette stérilisation doit être faite tous les neuf ou dix jours, en temps ordinaire, tous les sept jours en temps d'épidémie et pendant le saison chaude, principalement en Algérie.

Disons aussi que d'après le docteur Lacour le filtre Chamberland modifie à peine la teneur en matières organiques de l'eau et pas du tout sa richesse minérale.

Que peut-on conclure de toutes ces études ? Que la bougie Chamberland même avec ses imperfections, ses difficultés de nettoyage et de stérilisation est un des meilleurs filtres connus.

Mais ce mode de filtration ne saurait être employé lorsqu'on a à épurer l'eau destinée à une ville ou à une collectivité importante ; on n'aurait plus un débit suffisant, force est donc de recourir à d'autres moyens.

Bien des villes emploient, pour arriver à ce but, le filtre à sable que nous allons maintenant étudier.

La filtration par le sable ne nous donne pas une stérilisation absolue mais permet cependant d'épurer de grandes masses d'eau dans de bonnes conditions. Avec elle on peut, en effet, enlever à l'eau 98 à 99 p. 100 de ses germes.

Au début de l'étude de l'eau, au moment où l'on songeait surtout à obtenir de l'eau claire avec de l'eau trouble, on considérait le sable comme un parfait épurateur ; dans la suite lorsqu'on s'est préoccupé d'enlever à l'eau les matières organiques dissoutes, le sable n'en retenant que très peu, a été un instant abandonné, mais aujourd'hui où l'on demande à la filtration d'enlever surtout les germes

contenus dans l'eau, le filtre à sable a repris de l'importance et donne des résultats suffisants.

Les filtres à sable sont établis dans de grands bassins au fond desquels on place des cailloutis de moins en moins grossiers, puis du sable de plus en plus fin. On donne à ce filtre artificiel des profondeurs variables mais c'est surtout la hauteur de la couche de sable fin qui a le plus d'importance.

Ces filtres ont en général des profondeurs variant de $0^{m},75$ à $1^{m},50$ ou 2 mètres. Il faut au minimun $0^{m},60$ de sable fin.

Ce filtre étant ainsi constitué on y fait arriver l'eau lentement par la partie inférieure ; l'on chasse ainsi, peu à peu, tout l'air enfermé dans les pores du filtre, puis changeant l'arrivée de l'eau, on la fait filtrer de haut en bas. C'est surtout sur le sable fin que se fait l'épuration, les couches inférieures de cailloutis n'ayant que très peu d'influence sur la teneur de l'eau filtrée en germes.

Il est essentiel que le sable soit pur ; c'est-à-dire ne puisse céder à l'eau des matériaux solubles qui viendraient à un moment donné agrandir les pores du filtre et amener un tassement qui serait préjudiciable aux résultats.

Le plus souvent, surtout lorsque l'on a à filtrer des eaux troubles, l'on fait séjourner cette eau dans des bassins de décantation avant de la faire parvenir sur le filtre. Dans ces bassins l'eau s'épure en partie par le repos. Ses germes et sa matière organique diminuent comme nous l'avons vu, soit par le fait de la pesanteur ou du collage des matières terreuses en suspension qui les entraîne au bas du bassin, soit par le fait de la concurrence vitale. Ce n'est qu'après un certain temps de repos, que l'eau est conduite sur le filtre à sable.

Lorsque l'eau naturelle ou l'eau après décantation arrive sur le sable, le filtre ne fonctionne pas encore ; pendant un certain temps, il donne une eau aussi souillée

à la sortie qu'à l'arrivée, puis, petit à petit, l'eau est de mieux en mieux épurée, jusqu'à une certaine limite variable avec les souillures de l'eau et l'épaisseur du filtre.

Au moment où le filtre fonctionne bien, il s'est formé à la surface une pellicule glaireuse, très mince, formée de diatomées, de microbes, d'algues, de matières organiques et minérales charriées par l'eau qui filtre ; c'est cette couche si mince qui est le véritable filtre. On dit alors que le sable est mûr.

A mesure que la filtration se poursuit, cette couche filtrante s'épaissit de plus en plus et le débit diminue ; pour lui rendre sa valeur première, il faut alors augmenter la pression, ce qui est dangereux, car l'on peut rompre ainsi le voile filtrant ou l'enfoncer légèrement et obtenir une eau mal épurée. Il est préférable, lorsque le débit diminue notablement, de nettoyer le filtre.

La durée de fonctionnement d'un filtre entre deux nettoyages est ce qu'on appelle sa période.

Les filtres à sable ont été parfaitement étudiés par Percy-Frankland, Piefke, Fraenkel qui, tout en nous faisant connaître le fonctionnement théorique du filtre, nous ont montré qu'il pouvait retenir 98 à 99 p. 100 des germes de l'eau à épurer, et que l'eau perd aussi, en traversant ces filtres, une partie de l'ammoniaque libre et de l'ammoniaque des albuminoïdes et des amides et une partie de sa matière organique.

Le fonctionnement régulier de ces filtres peut être un instant interrompu par des influences diverses, ce qui ne saurait nous étonner, étant donnée la complexité des conditions de la filtration.

Nous pouvons concevoir maintenant ce qu'est un filtre à sable.

D'après Duclaux : « Ce sable sert d'abord de frein pour modérer le mouvement de l'eau et c'est pour cela qu'il doit avoir une certaine épaisseur. Il sert aussi de support pour la couche de microbes qui se forme dans toute son

épaisseur, mais qui est surtout abondante et feutrée à la surface. Cette couche superficielle, absente les premiers jours pendant que le filtre mûrit, devient, lorsqu'elle est formée, la véritable couche filtrante, et après avoir médiocrement fonctionné jusque-là, le filtre peut être mis en service. Mais sa couche filtrante est fragile. Il ne faut pas le soumettre à de trop fortes pressions hydrostatiques quand elle débute : ses éléments se disloqueraient et seraient entraînés dans l'épaisseur du filtre qu'ils obstrueraient. Il ne faut pas non plus la soumettre à de trop rapides variations de pression qui produiraient le même effet. Il faut la laisser travailler tranquillement, augmenter peu à peu la pression à mesure qu'elle s'épaissit et devient plus résistante. Puis, quand sa perméabilité est devenue médiocre, quand il faudrait trop augmenter la pression pour maintenir le débit, il est prudent d'arrêter l'eau et de le nettoyer. Encore même, en plein travail régulier, n'est-on jamais sûr que les adhésions des microbes aux parois des méats, adhésions de caractère capricieux, ne vont pas se modifier brusquement sous l'influence de causes légères. D'où, chasse des microbes, et impurification de l'eau effluente qui peut même devenir plus chargée de microbes qu'à l'entrée. »

En résumé, un filtre à sable, si mal construit qu'il soit, devient un filtre vivant qui fonctionne d'autant mieux, qu'il est plus garni de microbes à sa partie supérieure.

Cette conception, résultant des travaux de Franckland, de Piefke, de Fraenkel, montre combien de progrès ont été réalisés depuis que l'on considérait le filtre à sable comme un simple clarificateur parfois assez infidèle.

L'étude du filtre à sable montre en outre combien est importante la concurrence vitale des germes vivant dans l'eau et aussi pourquoi l'eau qui se souille presque toujours dans les premières couches du sol, s'épure à mesure qu'elle s'enfonce dans la profondeur.

A côté des filtres à sable, vient tout naturellement se

placer la filtration par les galeries dites filtrantes, que certaines villes creusent au voisinage des cours d'eau qui les traversent, dans le but d'épurer les eaux pour les faire servir à l'alimentation. Nous allons voir rapidement qu'il n'en est pas toujours ainsi et que l'eau recueillie provient souvent d'un mélange de l'eau des cours d'eau et de la nappe souterraine avoisinante.

Les galeries filtrantes que l'on obtient le long des fleuves ou des rivières ne donnent que des mélanges d'eau de la nappe souterraine et d'eau de fleuve, cela ressort clairement des analyses chimiques de ces eaux et plus particulièrement de leur température et de leur degré hydrotimétrique.

On a souvent dit que l'eau d'une galerie devait posséder une différence de température avec l'eau du fleuve, mais d'après les nombreux faits observés, on sait que les différences de température fournies par une même eau, prise aux divers points d'une canalisation, même longue, ne peut être très grande et varie le plus souvent entre 1 et 2°. D'après cela, étant donné qu'entre l'eau de la galerie filtrante de Sainte-Claire à Lyon et celle du Rhône, il existe une différence moyenne de température de 8°, on peut admettre que l'eau de cette galerie est fournie par une eau différente de celle du Rhône ou un mélange d'eau du Rhône et d'eau de la nappe. Il en est de même à Toulouse où M. Brunhes observe entre l'eau de la galerie filtrante de cette ville et celle de la Garonne une différence moyenne de 6°.

La température peut donc servir à diagnostiquer l'origine des eaux des galeries filtrantes qui ne changent que peu de température (1 à 2°) au contact des parois filtrantes et des maçonneries.

Le degré hydrotimétrique, comme l'a montré Belgrand, est aussi un moyen assez sûr de rechercher si deux eaux prises dans les mêmes conditions sont identiques.

Etant donné que la filtration ne change pas le degré

hydrotimétrique d'une eau tant qu'elle n'a pas plus de 18 à 20° (Belgrand) chaque fois que l'eau d'une galerie accusera une différence sensible avec le degré hydrotimétrique du fleuve voisin, cette eau aura une origine autre que celle de ce fleuve.

C'est ainsi qu'à Fontainebleau, l'eau de la galerie a un degré hydrotimétrique de 21°,20 tandis que celle du fleuve n'est que de 16°,75 et celui des sources voisines de 19°,60 à 28°80. Il est donc permis de conclure dans ces conditions que la galerie est presque exclusivement alimentée par la nappe souterraine. Il en est de même pour les villes de Nevers et de Blois.

La recherche de l'origine de l'eau a ici une grande importance, il est nécessaire de la connaître afin de pouvoir se protéger contre elle. Si nous prenons, en effet, toutes les précautions nécessaires pour épurer l'eau d'un fleuve dont nous connaissons l'intensité de la pollution, et qu'au lieu de cette eau ou avec elle arrive dans la galerie filtrante l'eau d'une nappe souterraine que nous ne connaissons pas, nous pourrons distribuer de l'eau souillée sans le savoir et si la souillure est à un moment donné diagnostiquée, on n'en connaîtra ni la source ni la cause.

Il est donc de toute évidence qu'avant de faire les grands frais que nécessite l'épuration des eaux, il faut en connaître l'origine, les causes accidentelles ou permanentes des souillures et en général l'intensité moyenne de la pollution. On n'arrive à ce résultat que par le concours raisonné de toutes les données fournies par la géologie, l'hydrologie, la chimie et la bactériologie, comme nous l'avons déjà établi.

S'il y-a doute en ce qui concerne l'origine des eaux d'une galerie filtrante, il sera toujours prudent de lui assurer un grand périmètre de protection.

Les galeries filtrantes, pas plus que les filtres à sable, ne donnent jamais une eau stérile, mais permettent une épuration suffisante dans la majorité des cas. Cependant

ces filtrations, grâce, comme nous l'avons dit, à leur complexité, sont sujettes à bien des irrégularités qu'il faut savoir surprendre au moment où elles se forment, ce qui nécessite une surveillance constante de l'eau et des filtres.

L'épuration par filtration est donc, d'une manière générale, délicate, coûteuse, difficile souvent à mettre en œuvre, plus difficile encore à surveiller, et cela sans donner de résultats sûrs, tout en rendant de grands services.

Voyons maintenant si l'épuration chimique peut nous donner cette sécurité absolue que nous cherchons en vain à obtenir par filtration, tout au moins par les procédés applicables à l'alimentation en eau d'une ville ou d'un groupe important.

CHAPITRE VII

ÉPURATION CHIMIQUE

En même temps que les filtres se multipliaient, on préconisait un grand nombre de procédés d'épuration chimique. Tout d'abord on ne leur accorda que peu de crédit, mais aujourd'hui qu'il est démontré que l'épuration par filtration est délicate, coûteuse et nécessite, pour être sûrement exercée, des appareils difficiles à mettre en œuvre, plus difficiles encore à nettoyer, on en revient à l'épuration chimique.

D'une manière générale, cette épuration s'obtient en faisant agir un réactif déterminé, sur l'eau à épurer, de manière à lui enlever ses matières organiques et ses germes.

Les procédés préconisés sont très nombreux, nous ne citerons ici que ceux qui ont été les mieux étudiés et qui sont pour la plupart utilisés en ce moment ; nous les diviserons en deux catégories :

1° Ceux qui ne sont applicables qu'en grand.

2° Ceux qui, tout en étant applicables en grand, peuvent encore être utilisés par de petites collectivités ou par des individus isolés.

Dans la première catégorie, nous étudierons :

1° Le procédé Anderson à base de fer et sable qui nous rapprochera du filtre à sable.

2° Le procédé Bergé à base de peroxyde de chlore.

3° Le procédé Marmier et Abraham à base d'ozone.

Dans la deuxième catégorie nous étudierons :

1° Les procédés basés sur les permanganates :

A. Procédés Bordos et Girard.

B. Procédé Guichard.

C. Procédé Lapeyrère.

2° Le procédé Babès à base d'alun.

3° Le procédé Werner à base d'alun et de carbonate de soude.

4° Le procédé Almen à base de perchlorure de fer.

5° Le procédé à base de perchlorure de fer et de bicarbonate de soude.

6° Le procédé de Bassenge et Traube à base de chlore.

7° Le procédé Schumbourg à base de brome.

8° Le procédé Allain à base d'iode.

PREMIÈRE CATÉGORIE

PROCÉDÉS APPLICABLES EN GRAND

Procédé Anderson.

Ce procédé est basé sur l'oxydation et le collage par le fer, des matières organiques des eaux que l'on filtre ensuite sur sable.

Ce mode de purification ne permet pas d'obtenir des eaux stériles, mais assure une assez bonne épuration. Il est assez souvent employé pour épurer l'eau d'un fleuve ou d'une rivière que l'on destine à l'alimentation, il se prête très bien à l'épuration de grandes masses d'eau.

A Choisy-le-Roi près Paris, l'eau est prise en Seine assez loin du rivage, puis turbinée avec des rognures de fer dans d'immenses cylindres mus par la vapeur ; on la conduit ensuite dans des bassins de décantation et enfin sur les filtres à sable.

L'eau de Seine, avant son entrée dans l'usine est trouble; à sa sortie des bassins filtrants elle est d'une limpidité parfaite mais renferme encore des matières organiques et un certain nombre de germes.

Ce procédé est journellement étudié par le laboratoire de Montsouris dont nous donnons ci-dessous les résultats pour 1898. D'après Miquel : « tout porte à croire qu'en

perfectionnant cette méthode, le nombre des microbes ira encore en décroissant dans les eaux filtrées. »

ÉPURATION DES EAUX (ANDERSON). RÉDUCTION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

	SEINE à Choisy-le-Roi.			MARNE à l'usine de Neuilly.			MARNE à l'usine de Nogent.		
	Eau naturelle mg.	Eau épurée mg.	Réduction p. 100	Eau naturelle mg.	Eau épurée mg.	Réduction p. 100	Eau naturelle mg.	Eau épurée mg.	Réduction p. 100
Janvier . .	2,7	1,8	34	1,1	0,9	23	1,1	»	»
Février . .	2,7	1,8	32	1.6	1,1	38	1,2	»	»
Mars . . .	2,4	1,8	27	1.7	1,2	30	1,5	»	»
Avril . . .	2,7	2,1	23	1,5	1,1	28	1,7	»	»
Mai. . . .	2,5	1,9	24	1.4	1,2	19	1,9	»	»
Juin . . .	3,0	2,2	35	1,9	1,2	35	1,3	»	»
Juillet. . .	3,0	2,2	31	1,2	0,8	31	1,4	1,0	29
Août . . .	4,1	3,0	35	1,2	0,8	35	1.0	0,6	40
Septembre.	5,1	3,5	30	1,0	0,7	30	1,0	1.0	0
Octobre. .	4,3	2,8	35	1,9	0,6	33	1.2	0,8	33
Novembre.	4,0	2,8	29	1,5	1,0	33	1,6	»	»
Décembre.	3,6	2,5	31	1,2	1,0	17	1,4	»	»
1898 moyenne .	3,45	2,41	29	1,33	0,95	29	(1,15)	(0.85)	26
1897 moyenne .	2.75	1.99	28	1,46	1,13	22	1.47	1.07	27
1896 moyenne .	3,03	2,36	22	1,53	1,25	18	1.49	1.16	22
Expériences de Boulogne 1895	3,40	2,40	29	»	»	»	»	»	»
Expériences de Boulogne 1894	2.90	1,90	34	»	»	»	»	»	»
Expériences de Boulogne 1893	3,00	2,20	27	»	»	»	»	»	»

ÉPURATION DES EAUX (ANDERSON). RÉDUCTION DE L'OXYGÈNE DISSOUS

MOIS	SEINE à Choisy-le-Roi.			MARNE à l'usine de Neuilly.			MARNE à l'usine de Nogent.		
	Eau naturelle mg.	Eau épurée mg.	Réduction p. 100	Eau naturelle mg.	Eau épurée mg.	Réduction p. 100	Eau naturelle mg.	Eau épurée mg.	Réduction p. 100
Janvier . .	12,8	12,0	6	12,9	12,7	2	12,9	»	»
Février . .	12,8	12,0	6	12,8	12,4	4	12,9	»	»
Mars . . .	11,9	11,4	5	12,0	11,6	3	11,4	»	»
Avril . . .	10,9	10,1	7	11,0	10,2	8	10,0	»	»
Mai	10,3	9,9	5	10,0	9,2	9	9,0	»	»
Juin. . . .	9,3	7,9	16	9,3	8,4	13	9,8	»	»
Juillet. . .	8,4	6,9	18	8,9	7,6	14	8,7	7,3	20
Août . . .	7,3	6,1	16	8,4	7,8	8	9,1	7,8	6
Septembre.	7,2	6,3	11	8,9	8,6	3	8,6	8,0	8
Octobre . .	8,3	8,5	0	9,0	9,0	0	9,0	8,8	2
Novembre .	9,8	9,7	0	10,0	10,2	0	10,0	»	»
Décembre .	11,1	11,0	1	11,8	11,1	6	9,6	»	»
1898 moyenne .	10,0	9,1	9	10,4	9,9	5	(8,9)	(7,9)	10
1897 moyenne .	10,7	9,8	9	10,8	10,2	6	10,1	10,1	0
1896 moyenne .	10,7	10,2	5	10,6	10,1	5	10,4	10,0	4
Expériences de Boulogne 1895.	6,8	5,3	22	»	»	»	»	»	»
Expériences de Boulogne 1894.	10,6	8,9	16	»	»	»	»	»	»
Expériences de Boulogne 1893.	7,8	5,9	24	»	»	»	»	»	»

EAUX PURIFIÉES PAR LE PROCÉDÉ ANDERSON EN 1898

MOIS	BACTÉRIES PAR CENTIMÈTRE CUBE					
	CHOISY-LE ROI Eau de Seine.		NEUILLY-SUR-MARNE Eau de Marne.		NOGENT-SUR-MARNE Eau de Marne.	
	Brute.	Épurée.	Brute.	Épurée.	Brute.	Epurée.
1898 Janvier. . .	23.750	495	35.750	285	6.100	»
— Février. . .	26.875	440	45.000	870	49.250	»
— Mars. . . .	36.250	1007	28.125	320	56.250	»
— Avril. . . .	9.375	562	8.125	150	8.125	»
— Mai	12.185	231	4.375	62	15.625	»
— Juin. . . .	27.485	187	58.125	315	11.875	»
— Juillet. . .	21.875	297	11.875	125	11.250	150
— Août. . . .	42.175	832	20.625	145	10.625	202
— Septembre.	39.340	395	5.750	25	6.875	171
— Octobre . .	25.625	582	4.375	62	10.000	261
— Novembre .	44.375	851	13.750	175	8.750	»
— Décembre .	38.430	716	7.500	392	20.625	»
— Moyennes .	28.980	550	20.115	245	17.945	(198)

Procédé Bergé.

Ce procédé est basé sur l'oxydation des matières organiques de l'eau par le peroxyde de chlore. Il a été essayé à Ostende où des expériences se poursuivent et semblent donner de bons résultats.

Voici, à ce sujet, ce que disent les Annales des travaux de Belgique : « Le procédé Bergé repose sur l'emploi d'un composé gazeux peu connu, le bioxyde de chlore, soluble dans l'eau, décomposable par la lumière, la chaleur et par le contact des matières organiques. Ce gaz est un oxydant d'une énergie supérieure à celle même de l'ozone ; son action est telle qu'il suffit de 3/10 de milligramme de ce composé pour stériliser un litre d'eau.

On le prépare en décomposant le chlorate de potasse par l'acide sulfurique à 64° à la température ordinaire. La dépense est des plus minimes et l'épuration n'altère pas le goût des eaux, elle diminue simplement la quantité de matières organiques et augmente la proportion d'oxy-

gène en dissolution ainsi que l'ont montré les expériences faites à Ostende.

Il importe toutefois, si l'eau est fortement souillée, de réduire préalablement sa teneur en matières organiques par l'emploi de bassins de décantation ou même de filtres ».

En faisant agir 4 grammes d'acide sulfurique sur 2 grammes de chlorate de potasse on obtiendrait assez de peroxyde de chlore pour épurer un mètre cube d'eau.

D'après Bergé, pour épurer de petites quantités d'eau, il suffirait de traiter dans un flacon à deux tubulures 2 grammes de chlorate de potasse par quelques gouttes d'acide sulfurique, ou même de recourir à une solution de peroxyde de chlore qui stériliserait par simple mélange avec l'eau à traiter.

Ce procédé serait peu coûteux.

D'après Troost, la préparation du peroxyde de chlore demande beaucoup de précautions, de plus ce corps se décompose à 65° avec explosion.

L'épuration de l'eau par ce procédé nécessitera donc toujours une main d'œuvre intelligente.

Procédés à base d'ozone.

L'ozone, qui est un oxydant très énergique, paraissait tout indiqué pour l'épuration en grand des eaux destinées à l'alimentation. Les travaux de savants expérimentateurs tels que Roux, Calmette, Van Emmergen, Houzeau et de Lugnes ont établi son action sur les germes et les matières organiques de l'eau.

Prise loin des appareils, l'eau conserve sa fraîcheur, sa saveur, n'a plus d'odeur ; sa matière minérale n'est pas touchée, les matières organiques disparaissent presque totalement, les nitrates n'augmentent pas et les gaz dissous sont les mêmes que dans l'eau non traitée, sauf une légère augmentation d'oxygène. Tous les microbes pathogènes sont détruits.

De ces études, Van Emmergen conclut :

« 1° L'ozonisation des eaux de rivière souillées par d'abondantes matières organiques d'origine végétale et colorées par des matières humiques, donne des résultats extrêmement satisfaisants au point de vue de l'amélioration de leurs caractères physiques. Les propriétés organoleptiques deviennent parfaites après ce traitement.

2° L'action épurative de l'ozone qui se traduit par des modifications chimiques diverses mais surtout par une diminution notable des substances réduisant le permanganate de potasse en solution acide, est considérable sur ces toxines et les produits variés de la vie microbienne. Une eau, souillée par des infiltrations de fosses d'aisances etc., etc., par des produits de putréfaction, peut être rendue inoffensive par une ozonisation convenable.

3° Les eaux ouvertes, même lorsqu'elles entraînent des microbes nombreux et des espèces très résistantes sont sûrement stérilisées, à condition que leur titre en permanganate de potasse ne dépasse pas certaines limites. Le degré de concentration de l'ozone et la durée du contact de l'air ozonisé nécessaire pour obtenir une stérilisation certaine, varie d'après les diverses eaux et d'après leur état de souillure.

4° Il n'est pas douteux qu'on puisse obtenir des volumes considérables d'eau parfaitement stérilisée. La stérilisation peut être opérée d'une manière régulière et constante pendant une période illimitée. »

On trouve dans l'eau ozonisée, une proportion d'ammoniaque des albuminoïdes ou des amides, plus grande qu'avant l'ozonisation.

Emmergen explique ce résultat en disant que la réaction de Wanklyn qui fournit l'azote des albuminoïdes ou des amides sous forme d'ammoniaque indique simplement la présence de corps amidés résultant de la destruction la plus avancée des matières albuminoïdes et des amides.

Il est probable que l'ozone détruit incomplètement une

partie des matières azotées et les transforme en ces corps amidés qui résistent à l'oxydation en solution acide, mais qui ne sont peut-être pas toxiques.

L'application industrielle de l'ozone a été réalisée par Ohlmüller, Siemens et Halske de Berlin en 1891; Tindal, Schneller et Van der Sleen en Hollande en 1893, Otto, Marmier et Abraham en France en 1895.

Pour les procédés de Tindal, Schneller etc., et pour celui d'Otto, nous reproduisons ici ce qu'en dit M. Guichard dans son ouvrage sur l'analyse chimique et la purification des eaux potables; pour le dernier, celui de Marmier et Abraham que nous avons vu fonctionner à Lille, nous transcrivons, étant données la valeur et l'importance de l'épuration de l'eau par l'ozone, le remarquable rapport qui a été fait sur ce procédé à la demande de l'administration municipale de la ville de Lille, par MM. les docteurs Roux, Calmette, Staes-Brame, par le professeur Buisine et Bouriez expert chimiste.

Procédé Tindal, Schneller et Van der Sleen.

L'électricité produite par une dynamo passe dans un ozoneur où se produisent des effluves. Des tubes de verre pleins de glycérine renfermés dans des caisses, divisent les effluves et augmentent l'action. Les effluves jaillissent entre une toile métallique et la paroi de la caisse formée d'une feuille de cuivre dorée en communication avec le sol. L'air desséché et refroidi à 25° passe dans l'ozoneur et se transforme partiellement en ozone; l'ozone formé se rend dans des colonnes où il rencontre l'eau qui circule en sens inverse. Ce procédé a été appliqué à l'usine de Saint-Maur, mais les essais n'ont pas été continués.

Procédé Otto.

M. Otto obtient des rendements très forts en ozone par l'emploi d'ozoneurs robustes, métalliques dans lesquels l'air s'ozonise.

L'ozone formé se rend dans des émulseurs formés de deux troncs de cône superposés par leurs petites bases, l'ozone s'y mêle intimement avec l'eau. L'eau se rend ensuite dans une colonne à plateaux sur lesquels elle descend en couches minces; l'action de l'ozone se continue arrivant par la partie inférieure. L'eau ozonisée se réunit dans un réservoir.

Pour les traitements en grand, les émulseurs sont réunis en batteries.

L'eau ozonisée se rend par deux canalisations dans de nouveaux émulseurs où elle se mêle à l'ozone qui arrive par une autre canalisation, puis l'eau coule dans une colonne et par un trop-plein dans une chambre, puis dans une galerie de distribution où elle tombe par de petits orifices sur des tablettes disposées en chicanes; elle se réunit enfin dans les collecteurs. L'ozone a suivi la route inverse traversant les nappes d'eau pour se rendre dans la cheminée.

Les microbes pathogènes sont les premiers frappés. Voici, dans le tableau suivant, la marche d'une épuration d'eau de la Vanne.

EAU ORDINAIRE	EAU OZONÉE Première phase.	EAU OZONÉE Deuxième phase.
B. fluorescens liquefaciens . . . . . B. coli communis . . . . B. subtilis . . . . M. serridosus . . . . M. aquatilis . . . . M. caudicans. . . . . Levure rose . . . . Penicellium glocum . . . . Aspergillus niger.	B subtilis. Il n'y a plus de pathogènes.	0

En outre, l'ozone a détruit les matières organiques solubles. L'eau ne contient plus d'ozone qui se transforme en oxygène. Aussi elle n'agit pas sur l'iodure de potassium qui ne colore plus l'amidon ioduré.

Procédé Marmier et Abraham.

Avant 1895, c'est-à-dire au moment de la mise en œuvre du procédé Marmier et Abraham, le problème pratique de la stérilisation en masse des eaux par l'ozone restait toujours posé.

La commission chargée de l'étude de ce procédé, à Lille, pense que MM. Marmier et Abraham lui ont fait faire un pas décisif. Nous reproduisons ci-dessous son rapport qui, mieux que toute autre étude, fera connaître la puissance de la stérilisation de l'eau par l'ozone.

DESCRIPTION DES APPAREILS

L'essai de stérilisation des eaux est fait dans une petite usine contiguë à celle de l'usine élévatoire des eaux de la ville de Lille.

L'installation comprend trois parties : L'une A, servant à la production du courant électrique,

La seconde B, à la production de l'ozone;

La troisième C à la stérilisation de l'eau;

A. — *Production du courant électrique.*

Cette partie électrique de l'usine contient un moteur à vapeur qui n'offre rien de bien particulier, et un alternateur. Le courant produit passe dans un transformateur à haut potentiel qui peut donner 40.000 volts et plus.

B. — *Production de l'ozone.*

La production de l'ozone est assurée d'une façon régulière par deux appareils distincts : un ozoneur et un déflagrateur à tiges. Entre les tiges de ce déflagrateur jaillit une série d'étincelles efficaces, dont une des fonctions consiste à assurer entre les pôles de l'ozoneur un potentiel régulier.

L'ozoneur est constitué de la façon suivante :

Une électrode, une glace, un intervalle, une glace, une électrode, etc.

Les électrodes sont métalliques; chacune présente deux surfaces planes opposées, les surfaces sont parfaitement dressées; sur chacune d'elles s'applique exactement une glace.

Toutes les électrodes de rang pair sont reliées à un pôle de transformateur, celles de rang impair à l'autre pôle. Des précautions particulières ont été prises pour assurer l'isolement parfait de ces deux séries d'électrodes, pour des potentiels bien supérieurs à ceux habituellement employés.

C'est dans les intervalles des glaces que jaillit l'effluve, d'une belle couleur violette; sous son action l'oxygène de l'air se transforme en ozone. Grâce à un dispositif spécial, on n'extrait de l'appareil que de l'air ayant traversé l'effluve sur une longueur fixée d'avance; toutes les particules d'air ont donc été soumises à une action uniforme de l'effluve.

La réfrigération des électrodes se fait d'une façon continue, sans aucune interruption, à la fois dans les deux séries d'électrodes. L'isolement parfait est néanmoins assuré, et il n'y a jamais de court-circuit dans l'appareil. Ceci est obtenu en coupant convenablement la colonne d'eau réfrigérante, au moyen de deux sortes d'appareils à gouttes.

C. — *Stérilisation de l'eau.*

Au sortir de l'ozoneur, l'ozone est envoyé dans une grande colonne en maçonnerie. C'est dans cette colonne qu'il rencontre l'eau à stériliser.

La stérilisation est obtenue, grâce à une circulation méthodique de l'ozone et de l'eau. L'eau s'échappe au bas de cette colonne et se rend dans les réservoirs de l'usine élévatoire de la ville de Lille. Un déversoir calibré est établi sur le parcours de cette eau afin de pouvoir mesurer son débit.

ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Première série d'expériences, effectuées du 10 au 25 décembre 1898.

Les appareils ozoneurs étaient en marche continue, pendant le jour seulement, depuis le commencement du mois de juillet. Ils ont fonctionné jour et nuit pendant les 10, 11, 12 décembre.

Le débit normal de la colonne était de 35 mètres cubes d'eau stérilisée à l'heure.

Les échantillons d'eau ozonée, destinés à l'analyse bactériologique ont été prélevés à Emmerin dans des ballons-pipettes stériles, en même temps que des échantillons d'eau non traitée.

Le 10 décembre, l'eau non traitée a été ensemencée dans cinq ballons à la dose de $0^{cc},01$, pour un essai préliminaire. Après vingt-quatre à soixante heures, tous les ballons étaient altérés.

Ensemencée en gélatine nutritive, dans des vases plats d'Erlenmayer, à la dose de $0^{cc},1$ et $0^{cc},05$, la même eau non traitée a fourni à la numération, après sept jours, 2.200 germes par centimètre cube, dont 180 appartenaient à des espèces liquéfiantes.

L'eau ozonée après passage à la colonne stérilisante qui contenait de l'air ozonée à une concentration de $5^{mg}.8$ d'ozone par litre d'air, nous a fourni les résultats ci-contre.

Le 11 décembre, à 5 heures du soir, on prélève à Emmerin de nouveaux échantillons d'eau brute et d'eau ozonée.

L'appareil ozoneur donnait alors une concentration de $6^{mg},5$; le débit de la colonne restant à 35 mètres cubes d'eau.

L'eau brute a été conservée vingt-quatre heures au laboratoire, à la température moyenne de 18°. Ensemencée le 12 après midi, elle a fourni en gélatine, après sept jours, 3.960 germes, dont 340 liquéfiants par centimètre cube.

ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE DE L'EAU OZONÉE

Prélevée le 11 *décembre à* 10 *heures du matin.*

Débit de la colonne : 35 *mètres cubes d'eau à l'heure. Concentration :* 5,8 *milligrammes d'ozone par litre d'air. Température à l'intérieur de l'ozoneur :* 20°. *Température extérieure :* 13°.

MILIEUX DE CULTURE	NOMBRE de ballons ou matras ensemencés.	QUANTITÉ D'EAU ensemencée dans chaque ballon ou matras.	NOMBRE de germes par ballon ou matras, après 15 jours de culture à 36° pour les bouillons, ou 7 jours à 23° pour les gélatines.	ESPÈCES microbiennes observées.
Bouillon de viande neutre.	10	0,6 cm^3	0	»
— —	5	1 —	1	B. subtilis.
— —	1	11 —	1	B. subtilis.
— —	1	12 —	0	»
— —	2	13 —	0	»
Gélatine nutritive	5	1 —	0	»
— —	5	2 —	0	»

Résumé : 2 germes de B. subtilis pour une quantité totale de 74 centimètres cubes d'eau ozonée.

EAU OZONÉE

Prélevée le 11 *décembre à* 5 *heures du soir.*

MILIEUX DE CULTURE	NOMBRE de ballons ou matras ensemencés.	QUANTITÉ D'EAU ensemencée dans chaque ballon ou matras.	NOMBRE de germes après 15 jours de culture à 36° pour les bouillons, ou 7 jours à 23° pour les gélatines.	ESPÈCES microbiennes observées.
Bouillon de viande neutre.	10	1 cm^3	0	»
— —	5	0.5 —	0	»
— —	5	1.3 —	1	B. subtilis.
— —	3	4 —	0	»
Gélatine nutritive	3	1,5 —	2	1 moisissure 1 B. subtilis.

Résumé : 2 germes de B. subtilis et 1 moisissure pour une quantité totale de 35,5 cm^3 d'eau ozonée.

Le 12 décembre on prélève à Emmerin :

1 ballon-pipette d'eau ozonée;

1 second ballon-pipette de la même eau, que la Commission se propose d'analyser seulement après quatre jours pour y observer la pullulation des germes.

Les résultats de ces deux analyses sont consignés dans les tableaux ci-après :

EAU OZONÉE

Prélevée le 12 *décembre à* 10 *heures du matin.*

Concentration : 6,5 *milligrammes d'ozone par litre d'air. Température à l'intérieur de l'ozoneur :* 18°. *Température extérieure :* 12°.

MILIEUX DE CULTURE	NOMBRE de ballons ou matras ensemencés.	QUANTITÉ D'EAU ensemencée dans chaque ballon ou matras.	NOMBRE de germes après 15 jours de culture à 36° pour les bouillons, après 7 jours à 23° pour les gélatines.	ESPÈCES microbiennes observées.
Bouillon de viande neutre	5	1,3 cm³	1	B. subtilis.
— —	5	4 —	1	B. subtilis.
— —	1	11 —	0	»
— —	1	21 —	1	B. subtilis.
Gélatine nutritive	4	1,5 —	0	»
— —	3	4 —	0	»

Résumé : 3 germes de B. subtilis pour une quantité totale de 76,5 cm³ d'eau ozonée.

EAU OZONÉE

Prélevée le 12 *décembre à* 10 *heures du matin et conservée pendant quatre jours au laboratoire à* 18° *avant ensemencement.*

MILIEUX DE CULTURE	NOMBRE de ballons ou matras ensemencés.	QUANTITÉ D'EAU ensemencée dans chaque ballon ou matras.	NOMBRE de germes après 15 jours de culture à 36° pour les bouillons, après 7 jours à 23° pour les gélatines.	ESPÈCES microbiennes observées.
Bouillon de viande neutre.	5	1 cm³	0	»
— —	5	0,5 —	0	»
Gélatine nutritive	4	1 —	0	»

Résumé : Aucun germe microbien dans 11,5 cm³ d'eau ozonée conservée, avant ensemencement, quatre jours au laboratoire, à la température moyenne de 18°.

DEUXIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES

EFFECTUÉE DU 17 JANVIER AU 12 FÉVRIER 1899

Le 17 janvier 1899, une prise d'échantillon d'eau ozonée est effectuée (concentration de l'ozone : 6 milligrammes par litre d'air). Le ballon-pipette est conservé au laboratoire pendant vingt-quatre heures, avant les ensemencements.

Voici les résultats de ces deux analyses :

1° EAU OZONÉE

Prélevée le 17 janvier, analysée après vingt-quatre heures.

MILIEUX DE CULTURE	NOMBRE de ballons ensemencés.	QUANTITÉ D'EAU ensemencée dans chaque ballon.	NOMBRE de germes après 15 jours de culture à 36°.	ESPÈCES microbiennes observées.
Bouillon de viande neutre.	17	1,2 cm^3	0	»

2° EAU OZONÉE

Prélevée le 24 janvier et analysée après trente-six heures.

MILIEUX DE CULTURE	NOMBRE de ballons ensemencés.	QUANTITÉ D'EAU ensemencée dans chaque ballon.	NOMBRE de germes après 15 jours de culture à 36°.	ESPÈCES microbiennes observées.
Bouillon de viande neutre.	2	7 cm^3	0	»
— —	1	13 —	0	»
— —	1	15 —	0	»

Résumé : L'eau ozonée conservée vingt-quatre et trente-six heures, au laboratoire, après les prélèvements, reste stérile.

Les 27 et 28 janvier 1899, une dernière série d'expériences est effectuée par la Commission, sur deux prélèvements faits à vingt-quatre heures d'intervalle.

L'appareil ozoneur était en marche continue, c'est-à-dire jour et nuit, depuis soixante heures. Le débit de la colonne était de 35 mètres cubes d'eau à l'heure, la concentration de 9^{mg},3 d'ozone par litre d'air.

L'eau brute, prélevée le 27 matin, en même temps que les échantillons d'eau ozonée, fournit à la numération, après six jours en gélatine, 1.170 germes par centimètre cube.

Un second échantillon de la même eau, prélevée le 28 matin, donne 988 colonies par centimètre cube.

Un ballon-pipette d'eau ozonée prélevé le 28 matin, est réservé pour être soumis à l'analyse après quarante-huit heures de séjour au laboratoire, le 30 janvier.

Les résultats des analyses effectuées avec l'eau ozonée, les 27, 28 et 30 janvier, sont consignés dans les trois tableaux ci-après.

EAU OZONÉE

Prélevée à Emmerin le 27 janvier à 10 heures du matin.

Concentration : 9,3 *milligrammes d'ozone par litre d'air. Débit :* 35 *mètres cubes à l'heure. Température à l'intérieur de l'ozoneur :* 13°. *Température extérieure :* 1°.

MILIEUX DE CULTURE	NOMBRE de ballons ou matras ensemencés.	QUANTITÉ D'EAU ensemencée dans chaque ballon ou matras.	NOMBRE de germes après 15 jours de culture à 36°. pour les bouillons, après 7 jours à 23° pour les gélatines.	ESPÈCES microbiennes observées.
Bouillon de viande neutre.	20	1,2 cm³	0	»
— —	4	3 —	0	»
— —	4	3.5 —	0	»
— —	5	4 —	0	»
— —	2	12 —	1	B. subtilis.
— —	1	16 —	1	B. subtilis.
Gélatine nutritive	7	3 —	0	»
— —	3	5 —	0	»

Résumé : 146 centimètres cubes d'eau ozonée, répartis dans 46 ballons ou matras, ont donné 2 germes de B. subtilis.

EAU OZONÉE

Prélevée à Emmerin le 28 janvier à 10 heures du matin.

Concentration : 9,5 milligrammes d'ozone par litre d'air. Débit de la colonne : 35 mètres cubes d'eau à l'heure. Température extérieure : 0°.

MILIEUX DE CULTURE	NOMBRE de ballons ou matras ensemencés.	QUANTITÉ D'EAU ensemencée dans chaque ballon ou matras.	NOMBRE de germes après 15 jours de culture à 36° pour les bouillons. ou 7 jours a 23° pour les gélatines.	ESPÈCES microbiennes observées.
Bouillon de viande neutre.	11	1,4 cm³	0	»
— —	15	2,2 —	1	B. subtilis.
— —	2	13 —	1	B. subtilis.
— —	1	9 —	0	»
— —	2	10 —	0	»
— —	1	15 —	0	»
— —	2	18 —	1	B. subtilis.
— —	1	25 —	1	B. subtilis.
Gélatine nutritive	6	2,2 —	0	»

Résumé : 192 centimètres cubes d'eau ozonée répartis dans 41 ballons ou matras ont donné 4 germes de B. subtilis.

EAU OZONÉE

Prélevée à Emmerin le 28 janvier à 10 heures du matin, après quarante-huit heures de séjour au laboratoire à la température de 18°.

MILIEUX DE CULTURE	NOMBRE de ballons ensemencés.	QUANTITÉ D'EAU ensemencée dans chaque ballon.	NOMBRE de germes après 14 jours de culture à 36°.	ESPÈCES microbiennes observées.
Bouillon de viande neutre.	6	1 cm³	0	»
— —	6	2 —	0	»
— —	1	8 —	0	»
— —	3	10 —	1	B. subtilis.
— —	1	11 —	0	»
— —	1	12 —	1	B. subtilis.
— —	1	13 —	1	B. subtilis.
— —	3	14 —	1	B. subtilis.
— —	2	20 —	1	B. subtilis.

Résumé : 175 centimètres cubes d'eau ozonée, conservée quarante-huit heures au laboratoire, ont donné 5 germes de B. subtilis revivifiables par la culture en bouillon à 36°..

En présence de ces résultats excellents, la Commission a voulu se rendre compe de certains faits qui avaient attiré son attention au cours des expériences effectuées. Il semblait extraordinaire, par exemple, que l'eau ozonée conservée douze heures, vingt-quatre heures, trente-six heures et même quatre jours, restât stérile et se montrât relativement plus pauvres en germes que l'eau analysée très peu de temps après la prise d'échantillons.

On pouvait supposer :

Ou bien que les quelques germes de bacilles subtilis qui échappaient à l'action de l'ozone pendant le passage à la colonne, étaient détruits ultérieurement par une très petite quantité d'ozone qui pourrait rester dans le liquide pendant les premières heures qui suivent le prélèvement.

Ou bien, que l'ozonisation engendre dans l'eau des substances chimiques qui empêchent la pullulation des germes.

Pour répondre à ces questions, nous avons mélangé à 373 centimètres cubes d'eau ozonée, prélevée le 23 janvier, et conservée trois jours au laboratoire, 68 centimètres cubes d'eau brute prélevée le 26 du même mois.

Le mélange a été ensemencé le 28, soit après deux jours de contact, à la dose de 0,1 cm^3 dans les six matras de gélatine nutritive.

La numération des colonies effectuée après six jours de culture à 23°, a donné 1340 germes par centimètre cube.

Donc, l'eau ozonée ne renferme aucune substance antiseptique, capable de stériliser les germes de l'eau non ozonée avec laquelle on la mélange, et d'empêcher leur pullulation.

Comme nous avons constamment remarqué que l'eau ozonée est d'autant plus pauvre en germes que les ensemencements sont effectués plus longtemps après le prélèvement des échantillons, nous sommes obligés de conclure que, si le plus grand nombre des germes contenu dans l'eau est détruit pendant le passage à la colonne, la presque totalité de ceux qui échappent à cette phase de

l'opération succombent après quelques minutes dans les réservoirs où s'accumule l'eau sortant des appareils.

Ce fait est très intéressant à signaler et il présente une importance pratique considérable parce qu'il montre que l'eau ozonée, bien qu'elle ne renferme déjà plus de traces d'ozone, quelques minutes après sa sortie des appareils, ne permet plus dans son sein la pullulation des germes de bacilles subtilis qui ont pu échapper à la stérilisation.

ANALYSES CHIMIQUES

MM. Buisine, professeur de chimie industrielle à la Faculté des sciences de Lille, et Bouriez, expert chimiste, étaient chargés d'effectuer l'analyse comparative des eaux d'Emmerin, avant et après le traitement par l'ozone, surtout au point de vue de la teneur en oxygène, en matières organiques et en nitrates.

Il était nécessaire, en effet, de savoir si le traitement par l'ozone n'avait pas pour résultat d'augmenter dans de trop grandes proportions la teneur des eaux en nitrates, par suite de l'oxydation des matières organiques contenues dans ces eaux. Il fallait aussi connaître les effets de l'ozone sur la teneur en matières organiques. Voici les résultats fournis par les chimistes-experts de la Commission.

Analyse chimique des échantillons prélevés le 12 décembre 1898.

	EAU non traitée par litre.		EAU ozonée par litre.	
Matières organiques (évaluées en acide oxalique)	0,014	gr.	0,003	gr.
Matières organiques (en oxygène, procédé Levy)	0 00088	—	0,00080	—
Azote nitrique (en nitrates de potasse)	0,034	—	0,030	—
Azote nitrique (procédé Grandval et Lajoux)	0,020	—	0,19	—
Azote nitreux (par la métaphénylène-diamine)	0	—	0	—
Azote nitreux (par la résorcine.	0,0005	—	0,003	—
Ammoniaque (par le réactif de Nessler)	0	—	0	—
Oxygène dissous	9,7 mg.		9,8 mg.	

CONCLUSIONS

En résumé, l'ensemble des analyses bactériologiques et chimiques que nous avons effectuées, pendant la période qui s'étend du 10 décembre 1898 au 12 février 1899, nous conduit à conclure que :

« 1° Le procédé de stérilisation des eaux d'alimentation par l'ozone, basé sur l'emploi des appareils ozoneurs et de la colonne de stérilisation de MM. Marmier et Abraham, est d'une efficacité incontestable, et cette efficacité est supérieure à celle de tous les procédés de stérilisation actuellement connus, susceptibles d'être appliqués à de grandes quantités d'eau.

2° La disposition très simple de ces appareils, leur robustesse, la constance de leur débit, et la régularité de leur fonctionnement donnent toutes les garanties que l'on est en droit d'exiger d'appareils vraiment industriels.

3° Tous les microbes pathogènes ou saprophytes que l'on rencontre dans les eaux étudiées par nous, sont parfaitement détruits par le passage de ces eaux dans la colonne ozonatrice. Seuls, quelques germes de bacillus subtilis résistent.

On compte environ un germe appartenant à cette espèce par 15 centimètres cubes d'eau traitée avec une concentration d'ozone égale à 6 milligrammes par litre d'air. Avec une concentration de 9 milligrammes, le nombre des germes de bacilles subtilis, revivifiables par la culture en bouillon, s'abaisse à moins de : 1 pour 25 centimètres cubes d'eau traitée.

Il importe d'observer que le bacillus subtilis (microbe du foin), est tout à fait inoffensif pour l'homme et les animaux et, d'ailleurs, les germes de ce microbe résistent à la plupart des moyens de destruction, tels que le chauffage à la vapeur sous pression à 110°. Il n'est donc pas utile d'exiger sa disparition complète des eaux destinées à la consom-

mation, et nous considérons comme très suffisante la stérilisation obtenue par l'air ozonisé avec une concentration de 5 à 6 milligrammes par litre, dans les conditions où se placent MM. Marmier et Abraham.

4° L'ozonisation de l'eau n'apporte dans celles-ci aucun élément étranger, préjudiciable à la santé des personnes appelées à en faire usage. Au contraire, par suite de la non-augmentation de la teneur en nitrates, et de la diminution considérable de la teneur en matières organiques, les eaux soumises au traitement par l'ozone sont moins sujettes aux pollutions ultérieures, et sont, par suite, beaucoup moins altérables. Enfin, l'ozone n'étant pas autre chose qu'un état moléculaire particulier de l'oxygène, l'emploi de ce corps présente l'avantage d'aérer énergiquement l'eau, et de la rendre plus saine et plus agréable pour la consommation, sans lui enlever aucun de ses éléments minéraux utiles. »

DEUXIÈME CATÉGORIE

PROCÉDÉS QUI, TOUT EN ÉTANT APPLICABLES EN GRAND, PEUVENT ÊTRE UTILISÉS PAR LES PETITES COLLECTIVITÉS ET LES INDIVIDUS ISOLÉS

Procédés à base de permanganate.

Ces procédés donnent en général de bons résultats, tant au point de vue chimique que bactériologique; la difficulté de leur mise en œuvre est la réduction de l'excès de permanganate employé et la séparation des oxydes de manganèse formés. A cause de cela, ils nécessitent tous une filtration.

Mlle Schipiloff réduit l'excès de permanganate par le sucre, M. Chicandard par une poudre organique inerte (tan, réglisse, etc.). MM. Bordos et Girard par un oxyde inférieur de manganèse, M. Guichard par le fer, M. Lapeyrère, par de la ouate de tourbe purifiée.

Tous ces procédés conviennent très bien pour de petites

collectivités mais ne sauraient sans difficulté, être employés à épurer de grandes masses d'eau.

Procédés Bordos et Girard.

MM. Bordos et Girard se servent, pour épurer l'eau, du permanganate de chaux qui, en présence des matières organiques et de l'acide carbonique de l'eau, se décompose rapidement et à froid en oxygène, oxyde de manganèse et chaux.

Pour enlever l'excès de permanganate de chaux, ces auteurs se servent des oxydes inférieurs de manganèse qui réduisent le permanganate de chaux en se transformant en bioxyde de manganèse.

Ce procédé est exploité sous le nom de « filtre épurateur Lutèce ». Ces filtres se composent d'un réservoir cylindrique au fond duquel se trouve un aggloméré de noir animal et d'oxyde de manganèse. L'eau versée dans le réservoir cylindrique, additionnée de permanganate de chaux, filtre au travers de cet aggloméré où elle se débarrasse des oxydes de manganèse produits par la réduction du permanganate de chaux par les matières organiques de l'eau et de l'excès de ce permanganate ; ce corps est ainsi réduit par les oxydes inférieurs et le charbon de l'aggloméré. L'eau épurée se collecte dans un compartiment inférieur d'où on la puise à l'aide d'un robinet.

L'eau traitée par ce procédé ne contient plus de matières organiques, est privée de ses microorganismes, ne contient que de très faibles quantités de carbonate de chaux, mais renferme des traces d'eau oxygénée qui continue à en assurer l'oxydation.

Procédé Guichard.

Ce procédé a aussi pour base le permanganate de chaux. L'excès de permanganate est détruit par le fer.

L'eau permanganatée est contenue dans un flacon de 5 litres, elle se rend de là par un tube de communication

dans un flacon de 3 litres rempli de paille de fer où le permanganate en excès se décompose, puis le liquide décoloré traverse un filtre plein de ouate hydrophile où elle dépose le mélange d'oxyde de fer et de manganèse formé, elle se rend alors dans un réservoir où le consommateur la prend au moyen d'un robinet.

Un petit robinet de réglage placé à la sortie du fer permet de modérer l'écoulement.

Procédé Lapeyrère.

Ce procédé est basé sur l'action oxydante du permanganate de potasse jointe à l'action stérilisante de l'alun associé au carbonate de soude et à la chaux.

La poudre employée pour la stérilisation est la suivante :

Permanganate de potasse	3 gr.
Alun de soude cristallisé sec pulvérisé . . .	10 —
Carbonate de soude cristallisé sec pulvérisé.	9 —
Chaux de marbre foisonné.	3 —
TOTAL.	25 gr.

Cette quantité de 25 grammes de poudre est la dose moyenne pour épurer 100 litres d'eau, soit $0^{gr},25$ par litre.

Il faut, suivant les cas, de $0^{gr},20$ à $0^{gr},50$ de cette poudre par litre d'eau. A $0^{gr},50$ par litre, l'eau accuse un goût légèrement terreux.

Mode opératoire. — On verse dans l'eau la dose minimum de poudre : $0^{gr},20$ par litre, on agite une à deux minutes. L'eau prend une couleur rose violacé et se trouble par suite des combinaisons chimiques. On laisse reposer ; au bout de quatre à cinq minutes si la couleur rose persiste, la stérilisation est faite, si au contraire elle tourne au brun ou disparaît, on ajoute une nouvelle quantité de poudre ($0^{gr},10$ à $0^{gr},15$ environ par litre), afin d'obtenir la persistance de la teinte rosée.

Au bout d'un quart d'heure l'eau ainsi traitée est filtrée

sur un filtre à base de tourbe purifiée et rendue insipide par de grands lavages à l'eau.

M. Lapeyrère a fait construire des filtres de différentes dimensions; celui dit d'escouade est à peu de chose près du volume du manchon de la bougie Chamberland. Il se compose lui-même d'un manchon métallique inoxydable, dans l'intérieur duquel est tassée la fibre de tourbe purifiée. Son débit est de 30 à 40 litres à l'heure; son nettoyage est très facile, il se réduit au lavage dans l'eau traitée par le permanganate de potasse, de la fibre de tourbe purifiée.

Ce procédé qui détruit toutes les matières organiques de l'eau et tous les germes, qui stérilise par suite l'eau, est simple, peu coûteux, facile à mettre en œuvre. C'est donc un procédé de stérilisation de l'eau très recommandable.

Sa valeur a été deux fois sanctionnée par l'Académie de médecine le 7 décembre 1897 et le 1er janvier 1900. Cette Société savante a reconnu, comme nous le disions tout à l'heure, que le procédé Lapeyrère détruit parfaitement les germes et les matières organiques de l'eau. C'est, d'après le rapporteur, le Dr Laveran, « une méthode bonne et rapide ».

M. le Dr Grand-Mourret, médecin principal de la marine, a essayé, à son tour, le procédé de son collègue Lapeyrère pharmacien principal de la marine, et a trouvé que ce procédé « stérilisait complètement l'eau ».

Procédé Babès.

Ce procédé à base d'alun, qui a été recommandé par Babès de Bucharest, est vieux comme le monde. De tout temps les Chinois ont épuré leurs eaux de mares et de rivières en les agitant avec un bambou à l'extrémité duquel ils plaçaient un morceau d'alun.

M. Babès ajoute par litre d'eau à stériliser 0gr,15 à 0gr,30 d'alun, agite, laisse déposer vingt-quatre heures.

Max Teich a soumis ce procédé au contrôle du laboratoire, voici ses conclusions :

« 1° Le procédé Babès, en ce qui concerne les modifications chimiques de l'eau, ne présente pas d'inconvénient sanitaire ;

2° Il ne donne qu'exceptionnellement de l'eau pure de germes.

3° La diminution du nombre des germes ne dure qu'un temps assez court, les saprophytes se multiplient ensuite.

4° Le bacille typhique ne souffre pas du traitement par l'alun et ne saurait par ce moyen être sûrement séparé de l'eau en totalité.

5° Les vibrions du choléra sont non seulement précipités de l'eau, mais encore tués. Toutefois ce résultat n'arrive que lentement ; la précipitation et la destruction de ces microbes ne sont pas encore sûrement terminées au bout de vingt-quatre heures ».

Procédés Werner.

Cet auteur rend plus rapide le procédé Babès en ajoutant aux mêmes doses d'alun, 0,10 de carbonate de soude par litre. Ainsi on obtiendrait une épuration en douze à quinze heures. La saveur de l'eau serait excellente.

En opérant sur les eaux de la Vistule, Werner a trouvé avant purification 3000 germes ; après 16 par centimètre cube.

Procédés Almen et Manget.

Le premier de ces procédés est dû à Almen qui ajoute par litre d'eau à épurer VI gouttes de perchlorure de fer et 3 centimètres cubes d'eau de chaux ; on agite et on laisse déposer pendant vingt-quatre heures.

Le pharmacien major Manget a modifié ce procédé en remplaçant l'eau de chaux par 3 centimètres cubes d'une solution saturée de bicarbonate de soude.

Ces deux procédés donnent des résultats semblables ;

lorsque l'on aura à faire à des eaux chargées de chaux, il y aura intérêt à employer le procédé Manget.

Ces procédés ont été très décriés, mais quoi qu'on en ait dit, nous pensons qu'ils peuvent être souvent très utiles.

Procédés Traube et Bassenge.

Moritz Traube préconise pour épurer l'eau le chlorure de chaux. Il prétend que ce corps à la dose de 0,0004260 suffit à stériliser en moins de deux heures 1 litre d'eau très riche en germes. Pour neutraliser le chlore en excès, il ajoute 0,000209 de sulfite de soude par litre.

En douze ou quatorze heures le sulfite de soude est transformé en sulfate de soude, sel purgatif, mais qui, à la dose obtenue, est tout à fait indifférent.

Bassenge préconise de son côté 0,0326 de chlore par litre, soit 10 centimètres cubes d'une solution de chlorure de chaux au 1/100 pour stériliser l'eau en cinq minutes, qu'il s'agisse d'une eau naturelle ou d'une eau à laquelle on a ajouté un grand nombre de bacilles virgules. Pour le bacille typhique ou le colibacille, il faut le triple de chlorure de chaux et la destruction demande dix minutes.

On se débarrasse de l'excès de chlore à l'aide du bisulfite de chaux qui passe à l'état de sulfate de chaux. Le goût et l'odorat suffisent à renseigner sur la disparition de l'excès de chlore et par suite sur la fin de la réaction.

On peut remplacer la solution de chlorure de chaux par le chlorure de chaux en poudre : une pincée pour 5 litres d'eau, on agite vivement et l'on attend douze à quinze minutes avant de saturer l'excès de chlore.

Procédé Schumburg.

Schumburg, médecin-major de l'armée allemande, dit que le brome à la dose de 6 centigrammes tue en cinq

minutes tous les microbes contenus dans un litre d'eau corrompue. Avec des eaux moins souillées : eaux de rivières, de sources etc., on verse par litre 0,2 d'une solution faite avec : brome 20 grammes, bromure de potassium 20 grammes, eau 100 grammes. On laisse agir cinq minutes, puis on sature l'excès de brome en ajoutant 0,2 centimètre cube d'une solution aqueuse d'ammoniaque à 9 p. 100. Il se forme des traces de bromure et d'hypobromite d'ammonium.

Suivant la souillure de l'eau on verse plus ou moins de l'une ou de l'autre solution. Pour que la stérilisation ait lieu, l'eau doit garder une demi-minute une coloration jaune avant qu'on y ajoute la solution ammoniacale.

Procédé Allain.

Le Dr Allain, pharmacien-major de l'armée française, préconise pour épurer l'eau : l'iode.

On ajoute par litre d'eau, VIII gouttes normales de teinture d'iode, on agite et on laisse en contact pendant une demi-heure. Pour neutraliser l'excès d'iode, on ajoute soit une trace d'hyposulfite de soude qui donne des traces de tétrathionate de soude, sel purgatif à la dose de 30 grammes et par suite inoffensif à la dose formée, soit une cuillerée à soupe d'infusion de café, de thé ou de vin. Dans ces derniers cas, il est nécessaire de filtrer. Le Dr Allain filtrait sur du coton de verre placé dans la douille d'un entonnoir.

Par ce procédé, c'est-à-dire en employant l'iode au 1/100000, on tue après une demi-heure de contact tous les germes pathogènes non sporulés et la majorité des saprophytes.

Avec les germes sporulés, les résultats sont variables, comme cela arrive pour tous les procédés, mais ils sont toujours remarquables.

Pour nous rendre compte de la valeur des procédés

Babès, Werner, Almen, Manget, Traube et Bassenge. Schumburg et Allain, nous en avons fait une étude comparative.

Toutes nos expériences ont été faites dans des conditions rigoureusement semblables afin de pouvoir être utilement comparées.

Nous avons employé les formules suivantes :

		Par litre d'eau.
Babès.	Alun.	0,25 centigr.
Werner.	Alun.	0,25 —
	Carbonate de soude.	0,10 —
Almen.	Perchlorure de fer	VI gouttes.
	Eau de chaux.	3 c. c.
Manget.	Perchlorure de fer	VI gouttes.
	Solution saturée de bicarbonate de soude	3cm³

Afin de mieux nous rendre compte de la valeur des halogènes comme épurateurs, nous avons employé le chlore, le brome et l'iode à la dose de 1/100.000 par litre d'eau, chiffre le plus petit de ceux préconisés par les auteurs des procédés. La quantité de chacun des corps mis en œuvre a donc été de 1 centigramme par litre d'eau à épurer et la durée de l'action d'une demi-heure. On se débarrasse de l'excès de l'oxydant avec une trace d'hyposulfite de soude.

Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux ci-contre.

A la lecture du 1er tableau on voit que :

1° Aucun des procédés mis en œuvre ne diminue le degré hydrotimétrique total de l'eau employée.

2° Les procédés Manget et Almen diminuent la proportion de matière organique, soit en milieu alcalin, soit en milieu acide, de 60 p. 100 environ, tandis que le procédé, Werner n'en sépare que 33 p. 100 et celui de Babès 25 p. 100.

Du reste, avec le procédé Manget, nous avons obtenu dans des expériences ultérieures (expériences qui ont porté

	DEGRÉ hydrotimétrique.		MATIÈRES organiques en milligr. d'oxygène par litre.		AZOTE en milligr. par litre.		OXYGÈNE en milligr. par litre.		GERMES par centimètre cube.	ÉPURATION en heures.
	Total.	Permanent.	Milieu alcalin.	Milieu acide.	Ammoniacal.	Albuminoïde.	Après 24 heures.	Après 15 jours.		
Eau témoin . .	63	28	5	5,8	0.48	0.48	11	8	Nombre incalculable dès le 4e jour, gélatine entièrement liquéfiée : germes putrides et liquéfiants.	
Eau Babès. . .	63	28	3,4	4.6	0,48	0.36	11	10	600	24
Eau Werner. .	63	28	3	3,8	0,48	0,32	11	10	600	15
Eau Manget. .	63	22	1,6	2,4	0,48	0,20	11	10	1,700	18
Almen d'Upsal.	69	34	1,8	2,2	0,48	0,20	11	10	1,700	18

La matière organique et l'oxygène ont été dosés par le procédé A. Lévy, l'azote par celui de Wanklyn et Chapmann.

	MATIÈRES organiques en mill. d'oxygène par litre.		AMMONIAQUE		OXYGÈNE		GERMES par centimètre cube.	ÉPURATION en :
	milieu alcalin.	milieu acide.	libre.	albuminoïde.	1er jour.	20e jour.		
Eau témoin . . .	4,4	4,6	traces.	0,24	9.6	12,9	17.500 beaucoup de bactéries fluorescences liquéfaciens.	30 m.
Eau épurée par le chlore	3,2	3,6	»	0,16	11,6	15,3	300	»
Eau épurée par le brome.	4,0	3,8	»	0,22	11,3	14,2	190	»
Eau épurée par l'iode.	3.8	4,2	»	0,22	10,6	13,1	90	»

Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre.

sur des eaux relativement peu minéralisées) des résultats semblables, comme le montre le tableau suivant :

	DEGRÉ hydrotimétrique.	MATIÈRES organiques en mill. d'oxygène (Lévy) par litre.	GERMES par centimètre cube.
	Total.	En milieu acide.	
Eau Rouby avant épuration . .	6	2	8.000
Eau Rouby après épuration . . .	6	0,3	600
Eau Chapes avant épuration . . .	4	5	Numération impossible dès le 4e jour.
Eau Chapes après épuration . . .	4	1,8	2.000

3° Tous les procédés employés diminuent également le coefficient d'altération.

4° Le procédé le plus rapide est celui de Werner (quinze heures); viennent ensuite ceux d'Almen et de Manget (dix-huit heures) et enfin celui de Babès (vingt-quatre heures).

5° Le nombre des germes incalculable dans l'eau dès le treizième jour est tombé à 600 pour les procédés à base d'alun et à 1.700 pour ceux à base de perchlorure de fer, ce qui montre que tous ces procédés diminuent considérablement le nombre des germes contenus dans l'eau témoin.

Les chiffres indiqués dans le tableau sont la moyenne des résultats obtenus par dix numérations successives, les ensemencements ayant porté sur deux boîtes de Pétri chaque fois.

6° Si les procédés à l'alun, en ce qui concerne la diminution des germes, sont supérieurs à ceux au perchlorure de fer, il n'en est pas de même pour les autres matières organiques renfermées dans l'eau témoin. Pour ces dernières, qui ne pourraient sans danger être négligées (urée glycocolle, tyrosine, leucine, etc.), les procédés au perchlorure

de fer sont très supérieurs aux procédés à base d'alun. Ces dernières, en effet, en ce qui concerne ces matières, rendent suspecte une eau mauvaise comme l'eau témoin, tandis que ceux à base de perchlorure de fer la rendent potable.

Le tableau 2 montre que :

1° D'une manière générale, les oxydants employés ne détruisent que bien imparfaitement la matière organique; le chlore qui en oxyde le plus n'en sépare que 25 p. 100.

2° L'eau témoin ne renferme que des traces d'ammoniaque libre, mais l'ammoniaque albuminoïde, au contraire, s'y trouve en très grande quantité. Par l'épuration, il diminue de plus en plus en allant de l'iode au chlore.

3° Le dosage de l'oxygène, le premier et le vingtième jour, offre, pour l'eau témoin, un cas intéressant. Cette eau, quoique manifestement souillée, voit son oxygène augmenter. Il en est de même après épuration.

4° Le nombre des germes qui est de 17.500 dans l'eau témoin tombe à 300 après épuration par le chlore; à 190 après épuration par le brome; à 90 après épuration par l'iode employé en solution alcoolique.

Ces divers corps diminuent donc notablement le nombre des germes contenus dans l'eau témoin.

Pour cette dernière, les colonies ont commencé à apparaître dès le deuxième jour; le huitième, elles sont très vigoureuses. Après épuration par les halogènes, les colonies ne font leur apparition que le quatrième jour; le huitième elles sont encore très petites, à peine visibles. Dans l'eau témoin, on trouve beaucoup de bacilles fluorescens liquefaciens; il n'y en a plus après épuration.

D'après les auteurs des procédés étudiés, il faudrait 2,5 fois plus de chlore que de brome, 2 fois plus de brome que d'iode pour détruire les germes pathogènes et la majorité des saprophytes. Avec ces doses, en prenant 1 centigramme pour l'iode, l'épuration par le chlore

demanderait dix minutes, par le brome cinq minutes et par l'iode une demi-heure.

Ce qui précède montre que : si pour l'eau témoin les analyses chimiques et bactériologiques donnent des résultats semblables, il n'en est plus de même après épuration. Dans ce dernier cas, en effet, tandis que l'analyse bactériologique permet de croire à la potabilité, l'analyse chimique, à cause de la quantité de matières organiques et surtout d'ammoniaque albuminoïde, doit faire considérer l'eau comme douteuse. Cet exemple montre, une fois de plus, que ces deux analyses se complètent et que conclure sur l'une d'elles seulement serait s'exposer à de graves erreurs.

5° Au point de vue pratique, ces divers procédés sont simples, mais le chlore et le brome sont plus difficilement maniables que l'iode.

Le chlorure de chaux perd constamment du chlore ; la quantité à employer pour un même litre d'eau va donc toujours en augmentant, ce qui peut être un grave inconvénient, surtout si l'on a à épurer des eaux très minéralisées.

L'iode se prête à un dosage rigoureux, à une manipulation et à un transport faciles.

De l'ensemble de cette étude comparative il résulte que pour les corps étudiés, ceux qui agissent mécaniquement séparent de l'eau plus de matières organiques que les oxydants, mais par contre détruisent moins sûrement les germes que ces derniers.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Il nous a paru utile de résumer à la fin de cet ouvrage les diverses études qu'il renferme afin d'en mieux faire comprendre l'enchaînement.

I. — L'eau d'alimentation provient toujours de la condensation des vapeurs atmosphériques que l'on peut recueillir soit sous forme de pluie, soit après son infiltration dans le sol sous forme de nappes souterraines ou de sources, soit enfin en s'adressant aux cours d'eau, aux lacs, aux étangs.

Ces eaux ont des valeurs hygiéniques bien différentes et nous ne devons accorder notre confiance qu'aux eaux de nappes et de sources profondes, bien filtrées et bien protégées.

L'eau se souille, en effet, très facilement en entraînant avec elle au moment où elle tombe sous forme de pluie, les poussières et les germes de l'atmosphère, puis en lavant le sol auquel elle emprunte ses substances solubles minérales et organiques, ses germes et aussi bien des débris insolubles de toutes sortes, qu'elle tient en suspension. L'eau ainsi souillée s'épurera en filtrant au travers des couches géologiques perméables et cette épuration sera d'autant mieux assurée que la couche filtrante sera un filtre plus parfait. On ne trouvera que rarement de l'eau potable et pure. Il est donc nécessaire de savoir rechercher et doser dans l'eau ses impuretés, de là l'utilité de son analyse.

Cette analyse est une et doit renfermer tous les renseignements, tous les faits, tous les chiffres que peuvent

lui fournir la géologie, l'hydrologie, la chimie, et la bactériologie.

II. — L'eau renferme toujours plus ou moins de matières organiques à divers degrés de transformation; comme ce sont là des souillures constantes et souvent dangereuses parce qu'elles semblent prédisposer l'organisme à une plus grande réceptivité des germes pathogènes, il est nécessaire de savoir les déceler et les doser, de pouvoir en suivre les transformations.

Ces substances qui servent d'aliment aux germes se transforment dans l'eau et dans le sol sous des influences complexes parmi lesquelles les germes semblent jouer un rôle prépondérant. Elles peuvent être peu à peu minéralisées en donnant de l'azote albuminoïde, des nitrites, des nitrates, de l'acide carbonique et de l'eau suivant qu'elles sont ou non azotées.

Les hygiénistes accordent, avec raison, une plus grande importance aux matières organiques animales; on a essayé de les caractériser plus spécialement, mais les procédés employés sont bien imparfaits, soit que l'on s'adresse à l'oxydation par le permanganate de potasse en milieu alcalin ou acide, à chaud ou à froid, soit que l'on emploie le procédé Wanklyn et Chappman.

III. — L'eau renferme le plus souvent des germes et si l'on a pu rencontrer des sources stériles à leur point d'émergence, elles sont vite souillées peu après. Les germes sont empruntés à l'eau et au sol. Ils sont de deux sortes : saprophytes ou pathogènes, c'est-à-dire sans action directe sur l'organisme, ou cause vraie de maladies contagieuses.

Ce sont surtout les germes pathogènes qui sont redoutables et comme il est reconnu que certains d'entre eux peuvent vivre plus ou moins de temps dans l'eau, il est de toute nécessité de pouvoir les y caractériser. On y arrive par des procédés qui, sans être d'une fidélité absolue, peuvent cependant rendre bien des services.

IV. — C'est par l'homme, l'atmosphère et le sol que

l'eau est souillée, mais c'est aussi dans ce dernier qu'elle subit un commencement d'épuration et parfois même une épuration presque complète. Les terrains, en effet, ont des valeurs filtrantes bien différentes et c'est ainsi que tandis que les grès filtrent très bien, les alluvions, même sous des épaisseurs de 5 à 6 mètres, sont de mauvais filtres.

V. — L'eau pouvant être plus ou moins souillée, et l'eau souillée étant un véritable danger pour la santé publique, il est nécessaire, lorsque l'on ne pourra se procurer de l'eau potable et pure, d'épurer celle que l'on destinera à l'alimentation.

Bien des procédés d'épuration ont été préconisés. Les uns ne sont réellement utilisables qu'en grand, tandis que les autres, tout en étant utilisables en grand, comme les premiers, conviennent aux petites collectivités et aux individus isolés.

Ces divers procédés sont basés soit sur la filtration, soit sur l'oxydation des matières organiques et des germes de l'eau.

Pour les petites collectivités, la filtration rendra de bons services, mais pour les villes il sera préférable d'employer soit l'épuration par l'ozone, soit le procédé Anderson, soit enfin la filtration sur sable.

Comme filtre utilisable par tous, celui de Chamberland semble donner les meilleurs résultats, pourvu que l'on sache le nettoyer et le stériliser.

Le procédé chimique le plus recommandable aux petites collectivités nous semble être celui du pharmacien principal Lapeyrère.

On voit par tout ce qui précède combien est complexe et délicate l'étude des eaux destinées à la boisson.

TABLE DES MATIÈRES

TROISIÈME PARTIE. — Étude des germes de l'eau.

QUATRIÈME PARTIE. — Valeur filtrante des divers terrains.

CINQUIÈME PARTIE. — Épuration de l'eau.

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY

FÉLIX ALCAN, Éditeur
ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET Cie

MEDECINE — SCIENCES

CATALOGUE
DES
Livres de Fonds

TABLE DES MATIÈRES

On peut se procurer tous les ouvrages qui se trouvent dans ce Catalogue par l'intermédiaire des libraires de France et de l'Étranger.

On peut également les recevoir franco *par la poste, sans augmentation des prix désignés, en joignant à la demande des* TIMBRES-POSTE FRANÇAIS *ou un* MANDAT *sur Paris.*

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108
Au coin de la rue Hautefeuille
PARIS, 6e

DÉCEMBRE 1901

COLLECTION MÉDICALE

Volumes in-12, cartonnés à l'anglaise, à 4 francs et à 3 francs

---

Le mariage. *Étude de socio-biologie et de médecine légale,* par le Dr MORACHE, professeur de médecine légale à la Faculté de médecine de Bordeaux, associé de l'Académie de médecine. 4 fr.

La profession médicale. *Ses devoirs, ses droits,* par *le même.* 4 fr.

L'hystérie et son traitement, par le Dr PAUL SOLLIER..... 4 fr.

Le Sanatorium, par le Dr LÉON PETIT, médecin de l'hôpital d'Ormesson................ 4 fr. (*Paraîtra en mars* 1902.)

Manuel de psychiatrie, par le Dr J. DE FURSAC, médecin adjoint à l'asile de Clermont (Oise)... 4 fr. (*Paraîtra en mars* 1902.)

L'instinct sexuel. *Évolution, dissolution,* par le Dr CH. FÉRÉ, médecin de Bicêtre.................................. 4 fr.

Les maladies de l'urètre et de la vessie chez la femme, par le Dr KOLISCHER, professeur de gynécologie à Chicago Clinical School, traduit de l'allemand par le Dr *Beuttner,* privat-docent à l'Université de Genève, avec gravures................. 4 fr.

L'éducation rationnelle de la volonté. *Son emploi thérapeutique,* par le Dr P.-E. LÉVY, préface de M. le *Professeur Bernheim,* 3e édition... 4 fr.

Manuel théorique et pratique d'accouchements, par le Dr A. POZZI, professeur à l'École de médecine de Reims, avec 138 gravures, 3e édition.................................. 4 fr.

Éléments d'anatomie et de physiologie génitales et obstétricales, par *le même,* avec 219 gravures................. 4 fr.

La mort réelle et la mort apparente. Nouveaux procédés de diagnostic et traitement de la mort apparente, par le Dr S. ICARD, avec gravures. (*Ouvrage récompensé par l'Institut.*).... 4 fr.

La fatigue et l'entraînement physique, par le Dr PH. TISSIÉ, préface de M. le *Professeur Bouchard,* avec gravures. (*Ouvrage couronné par l'Académie de médecine.*)............... 4 fr.

Morphinisme et morphinomanie, par le Dr P. RODET. (*Ouvrage couronné par l'Académie de médecine.*)............... 4 fr.

Hygiène de l'alimentation dans l'état de santé et de maladie, par le Dr J. LAUMONNIER, avec gravures, 2e édition..... 4 fr.

L'alimentation des nouveau-nés. *Hygiène de l'allaitement artificiel,* par le Dr S. ICARD, avec 60 gravures. (*Ouvrage couronné par l'Académie de médecine.*)........................ 4 fr.

L'hygiène sexuelle et ses conséquences morales, par le Dr S. Ribbing, professeur à l'Université de Lund (Suède). 2e édition ... 4 fr.

Hygiène de l'exercice chez les enfants et les jeunes gens, par le Dr F. Lagrange, lauréat de l'Institut, 7e édition ... 4 fr.

De l'exercice chez les adultes, par *le même*, 4e édition ... 4 fr.

Hygiène des gens nerveux, par le Dr Levillain, 4e édition. 4 fr.

L'idiotie. *Psychologie et éducation de l'idiot*, par le Dr J. Voisin, médecin de la Salpêtrière, avec gravures ... 4 fr.

La famille névropathique. *Hérédité, prédisposition morbide, dégénérescence*, par le Dr Ch. Féré, médecin de Bicêtre, avec gravures, 2e édition ... 4 fr.

L'éducation physique de la jeunesse, par A. Mosso, professeur à l'Université de Turin ... 4 fr.

Manuel de percussion et d'auscultation, par le Dr P. Simon, professeur à la Faculté de médecine de Nancy, avec gravures ... 4 fr.

Le traitement des aliénés dans les familles, par le Dr Ch. Féré, médecin de Bicêtre, 2e édition ... 3 fr.

De la même Collection :

COURS DE MÉDECINE OPÉRATOIRE

de M. le Professeur FÉLIX TERRIER

Membre de l'Académie de médecine,
Professeur de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Paris.

Petit manuel d'anesthésie chirurgicale, par les Drs Félix Terrier et M. Péraire, avec 37 gravures ... 3 fr.

Petit manuel d'antisepsie et d'asepsie chirurgicales, par *les mêmes*, avec gravures ... 3 fr.

L'opération du trépan, par *les mêmes*, avec 222 gravures. 4 fr.

Chirurgie de la face, par les Drs Félix Terrier, Guillemain, chirurgien des hôpitaux, et Malherbe, avec 214 gravures. 4 fr.

Chirurgie du cou, par *les mêmes*, avec 101 gravures ... 4 fr.

Chirurgie de la plèvre et du poumon, par les Drs Félix Terrier et E. Reymond, avec 67 gravures ... 4 fr.

Chirurgie du cœur et du péricarde, par *les mêmes*, avec 79 gravures ... 3 fr.

RÉCENTES PUBLICATIONS
MÉDICALES ET SCIENTIFIQUES

Pathologie et thérapeutique médicales.

ARTHAUD (G.). **Études sur la tuberculose.** 1 vol. in-8, 1898. 4 fr.

BOUCHUT et DESPRÈS, professeurs agrégés à la Faculté de médecine de Paris. **Dictionnaire de médecine et de thérapeutique médicale et chirurgicale**, comprenant le résumé de la médecine et de la chirurgie, les indications thérapeutiques de chaque maladie, la médecine opératoire, les accouchements, l'oculistique, l'odontotechnie, les maladies d'oreille, l'électrisation, la matière médicale, les eaux minérales et un formulaire spécial pour chaque maladie. 6e édit., très augmentée, 1895. 1 vol. in-4, avec 1001 figures dans le texte et 3 cartes : broché. 25 fr. — Relié. 30 fr.

BRUNETIÈRE. **Névrites post-opératoires.** *Étiologie et traitement*. 1 vol. in-8. 2 fr.

CHARCOT (J.-M.), de l'Institut, professeur à la Faculté de médecine de Paris. **Œuvres complètes** (Voy. p. 6).

CORNIL (V.), membre de l'Académie de médecine, professeur à la Faculté de médecine de Paris et BABES, professeur à la Faculté de médecine de Bucarest. **Les bactéries**, et leur rôle dans l'histologie pathologique des maladies infectieuses. 2 vol. gr. in-8, contenant la description des méthodes de bactériologie. 3e édit., 1890, avec 385 fig. en noir et en couleurs dans le texte et 12 planches hors texte. 40 fr.

DAVID, chirurgien-dentiste des hôpitaux de Paris. **Les microbes de la bouche.** 1 vol. in-8, avec 113 gravures en noir et couleurs, lettre-préface de M. PASTEUR. 10 fr.

FÉRÉ (Ch.), médecin de Bicêtre. **L'instinct sexuel.** *Évolution. Dissolution.* 1 vol. in-12, cart. 4 fr.

FINGER (Ernest), professeur à l'Université de Vienne. **La syphilis et les maladies vénériennes**, traduit de l'allemand, avec notes, par les docteurs DOYON et SPILLMAN. 2e édit., 1900. 1 vol. in-8, avec 6 pl. en chromolithographie hors texte. 12 fr.

— **La blennorrhagie et ses complications**, traduit de l'allemand sur la 3e édition par le Dr HOGGE. 1 vol. in-8, avec gravures et 7 pl. lith. hors texte. 1895. 12 fr.

GLÉNARD, correspondant de l'Académie de médecine. **Les Ptoses viscérales.** 1899. 1 fort vol. in-8. 20 fr.

HÉRARD, CORNIL et HANOT. **De la phtisie pulmonaire**, étude anatomo-pathologique et clinique. 2e édit. 1 vol. in-8, avec 65 fig. en noir et en couleurs et 2 planches. 20 fr.

ICARD (S.). **La femme pendant la période menstruelle**, étude de psychologie morbide et de médecine légale. 1 vol. in-8. 6 fr.

KOLISCHER, professeur de gynécologie à Chicago Clinical School. **Les maladies de l'urètre et de la vessie chez la femme**, traduit de l'allemand par le Dr BEUTTNER. 1900. 1 vol. in-12, avec grav. Cart. 4 fr.

LABADIE-LAGRAVE, médecin de la Charité, et LEGUEU, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, chirurgien des hôpitaux. **Traité médico-chirurgical de gynécologie.** 1 vol. gr. in-8, avec 323 gr. dans le texte. 2e édit., 1901. Cart. à l'angl. (*Couronné par l'Académie des sciences et par l'Académie de médecine*). 25 fr.

LABORDE (J.-V.), de l'Académie de médecine. **Les tractions rythmées de la langue** (traitement physiologique de la mort). 2[e] éd., 1897. 1 vol. in-12, avec gravures. 5 fr.

LAGRANGE (Fernand), lauréat de l'Académie des sciences et de l'Académie de médecine. **La médication par l'exercice**. 1894. 1 beau vol. gr. in-8, avec 68 gravures dans le texte et une carte coloriée hors texte. 12 fr.

— **Les Mouvements méthodiques et la « mécanothérapie »**. 1899. 1 vol. grand in-8, avec 57 gravures. 10 fr.

LEGUEU (Voir plus haut : LABADIE-LAGRAVE).

MARVAUD (A.), médecin inspecteur de l'armée, agrégé du Val-de-Grâce. **Les maladies du soldat**, étude étiologique, épidémiologique, clinique et prophylactique. 1 vol. in-8. 1894. (*Ouvrage couronné par l'Académie des sciences*). 20 fr.

PETIT (Léon). **Le Sanatorium**. 1902. 1 vol. in-12, cart. 4 fr.

RILLIET et BARTHEZ. **Traité clinique et pratique des maladies des enfants**. 3[e] édition, refondue et augmentée par BARTHEZ et SANNÉ. — TOME I[er]. *Maladies du système nerveux, maladies de l'appareil respiratoire*. 1 fort vol. gr. in-8. 16 fr.

TOME II. *Maladies de l'appareil circulatoire, de l'appareil digestif et de ses annexes, de l'appareil génito-urinaire, de l'appareil de l'ouïe, maladies de la peau*. 1 fort vol. gr. in-8. 14 fr.

TOME III, terminant l'ouvrage. *Maladies spécifiques, maladies générales constitutionnelles*. 1 fort vol. gr. in-8. 25 fr.

SIMON (P.), professeur à la Faculté de médecine de Nancy. **Manuel de percussion et d'auscultation**. 1895. 1 vol. in-12, avec gravures, cartonné. 4 fr.

SPRINGER. **La croissance**. Son rôle en pathologie. Essai de pathologie générale. 1 vol. in-8. 1890. 6 fr.

WIDE (A.), directeur de l'Institut orthopédique de l'État à Stockholm. **Traité de gymnastique médicale suédoise**, traduit annoté et augmenté par le D[r] BOURCARD, préface du D[r] F. LAGRANGE. 1 vol. gr. in-8, avec 128 grav. dans le texte. 1898. 12 fr. 50

Revue de Médecine. Directeurs, MM. BOUCHARD, CHAUVEAU, LANDOUZY et LÉPINE ; Rédacteurs en chef, MM. LANDOUZY et LÉPINE (v. p. 31).

Annales d'électrobiologie, d'électrothérapie et d'électrodiagnostic publiées sous la direction du D[r] DOUMER. (V. p. 31).

Maladies nerveuses et mentales

BERNARD-LEROY. **L'illusion de fausse reconnaissance**. 1 vol. in-8. 1898. 4 fr.

BINET. **Les altérations de la personnalité**. 1 vol. in-8, cart. 6 fr.

CARRIER. **Contribution à l'étude des obsessions et des impulsions à l'homicide et au suicide chez les dégénérés**. 1 vol. in-8. 3 fr.

CHARCOT (J.-M.), de l'Institut, prof. à la Faculté de médecine de Paris. **Œuvres complètes**, recueillies et publiées par ses élèves ; 9 vol. in-8 :

Tome I. **Leçons sur les maladies du système nerveux**. *Troubles trophiques. Paralysie agitante. Sclérose en plaques. Hystéro-épilepsie*. In-8, avec figures et planches. 15 fr.

Tome II **Leçons sur les maladies du système nerveux**. *Des anomalies de l'ataxie locomotrice. De la compression lente de la moelle épinière. Des amyotrophies. Tabes dorsal spasmodique. Hémichorée post-hémiplégique. Paraplégies urinaires. Vertige de Ménière. Épilepsie partielle d'origine syphilitique. Athétose. Appendice*, etc. In-8, avec figures et planches. 15 fr.

Tome III. **Leçons sur les maladies du système nerveux.** *De l'atrophie musculaire. De l'hystérie chez les jeunes garçons. Contracture hystérique. De l'aphasie. De la cécité verbale. Chorée rythmée. Spiritisme et hystérie. Six cas d'hystérie chez l'homme. Du mutisme hystérique*, etc. In-8, avec figures. 12 fr.

Tome IV. **Leçons sur les localisations dans les maladies du cerveau et de la moelle épinière.** In-8. 12 fr.

Tome V. **Maladies des poumons et du système vasculaire.** 1 vol. in-8, avec figures et planches en chromolith. 15 fr.

Tome VI. **Leçons sur les maladies du foie, des voies biliaires et des reins.** 1 vol. in-8, figures et planches en chromolith. 12 fr.

Tome VII. **Leçons sur les maladies des vieillards. Goutte et rhumatisme.** 1 vol. in-8, avec figures et planches. 12 fr.

Tome VIII. **Maladies infectieuses, affections de la peau, kystes hydatiques, thérapeutique**, etc. 1 vol. in-8. 10 fr.

Tome IX. **Hémorrhagie cérébrale, hypnotisme, somnambulisme.** 1890. 1 vol. in-8, avec planches en phototypie. 15 fr.

CHARCOT (J.-M.). **La foi qui guérit.** 1 br. in-8. 2 fr.

— **Clinique des maladies du système nerveux** (années 1889-90 et 1890-91), recueillie par GUINON (G.) :

Tome I. 1892. In-8, avec figures et planches hors texte. 12 fr.
Tome II. 1893. In-8, avec figures. 12 fr.

— **Leçons du mardi à la Salpêtrière.** Policlinique (1887-88), tome I, 2e édit., et tome II (1888-89), recueillies par MM. BLIN, CHARCOT, H. COLIN, 2 vol. in-8, chacun. 20 fr.

DAREL. **La Folie.** *Ses causes. Sa thérapeutique.* 1 v. in-8. 1901. 4 fr.

DEGA (Mlle G.). **Essai sur la cure préventive de l'hystérie féminine par l'éducation.** 1 vol. in-8. 1898. 3 fr.

DUMAS, docteur en médecine et docteur ès lettres. **La tristesse et la joie.** 1 vol. in-8. 1900. 7 fr. 50

FÉRÉ (Ch.), médecin de Bicêtre. **Le traitement des aliénés dans les familles.** 1 vol. in-18. 2e éd. Cart. 3 fr.

— **Les épilepsies et les épileptiques.** 1 vol. gr. in-8, avec 67 gravures et 12 planches hors texte. 20 fr.

— **Pathologie des émotions, études cliniques et physiologiques.** 1 vol. grand in-8, avec fig. 12 fr.

— **La Famille névropathique.** Théorie tératologique de l'hérédité et de la prédisposition morbides et de la dégénérescence. 1 vol. in-12, 2e éd., 1898, avec 25 grav. dans le texte, cart. à l'angl. 4 fr.

— **Traité élémentaire de l'anatomie du système nerveux.** 2e éd. revue et augmentée. In-8, avec 242 fig. 12 fr.

— **Dégénérescence et criminalité.** 1 vol. in-12. 2e édit. 1895. 2 fr. 50

FLEURY (M. de). **Introduction à la médecine de l'esprit.** 1 vol. in-8, avec fig. 6e éd., 1901. (*Couronné par l'Académie française*). 7 fr. 50

— **Les grands symptômes neurasthéniques.** 1901. 1 vol. in-8, avec figures. 7 fr. 50

GRASSET, professeur de la Faculté de médecine de Montpellier. **Les maladies de l'orientation et de l'équilibre.** 1901. 1 vol. in-8 avec grav., cart. 6 fr.

DE FURSAC, médecin adjoint à l'asile de Clermont. **Manuel de psychiatrie.** 1902. 1 vol. in-12, cart. 4 fr.

ICARD (S.). **La femme pendant la période menstruelle**, étude de psychologie morbide et de médecine légale. 1 vol. in-8. 6 fr.

JANET (Pierre), chargé de cours à la Sorbonne, et RAYMOND (F.), professeur de la clinique des maladies nerveuses à la Salpêtrière. **Névroses et idées fixes.** — I. *Études expérimentales sur les troubles de la volonté, de l'attention, de la mémoire, sur les émotions, les idées obsédantes et leur traitement*, par P. JANET. 1 vol. gr. in-8, avec 92 fig. 1898. 12 fr.

II. — *Fragments des leçons cliniques du mardi sur les névroses, les maladies produites par les émotions, les idées obsédantes et leur traitement*, par F. RAYMOND et Pierre JANET. 1 vol. gr. in-8, avec 97 grav. 1898. 14 fr.

(*Ouvrage couronné par l'Académie des sciences et par l'Académie de médcine*)

LANGE, professeur à l'Université de Copenhague **Les émotions.** Étude psychophysiologique, traduite de l'allemand par G. DUMAS. 2e éd.t., 1902. 1 vol. in-12. 2 fr. 50

LÉVY (P.-E.) **L'Éducation rationnelle de la volonté,** *son emploi thérapeutique*. Préface de M. le Prof. BERNHEIM. 3e édit., 1900. 1 vol in-12, cart. 4 fr.

MAUDSLEY. **Le crime et la folie.** 1 vol. in-8. 6e édit. Cart. 6 fr.

PORNAIN. **Assistance et traitement des idiots, imbéciles, alcooliques, colonies familiales.** 1 vol. in-8. 5 fr.

RAYMOND (Le prof. F.) voyez JANET (Pierre) et RAYMOND, ci-dessus.

RODET (P.) **Morphinisme et morphinomanie.** 1 vol. in-12, cart. à l'angl. (*Couronné par l'Académie de médecine.*) 4 fr.

SOLLIER (P.). **Genèse et nature de l'hystérie.** 2 forts vol. in-8. 1897. 20 fr.

— **L'hystérie et son traitement.** 1 vol. in-12, cart. 1901. 4 fr.

THULIÉ. **Le dressage des jeunes dégénérés ou orthophrénopédie.** 1 vol. in-8, avec 53 grav. 8 fr.

TISSIÉ (Ph.). **Les rêves,** pathologie, physiologie. 1 v. in-18. 2 fr. 50

VOISIN (Jules), médecin de la Salpêtrière. **L'idiotie,** *psychologie et éducation de l'idiot*. 1893. 1 vol. in-12. 4 fr.

— **L'Epilepsie.** 1 vol. in-8. 1897 (*Couronné par l'Académie de médecine.*) 6 fr.

Psychologie expérimentale.

BINET (Alfred), directeur du laboratoire de psychologie physiologique à la Sorbonne. **La psychologie du raisonnement.** *Recherches expérimentales par l'hypnotisme*. 2e édit., 1896. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

CRÉPIEUX-JAMIN (J.). **L'écriture et le caractère.** 4e édit., 1896. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

DANVILLE (Gaston). **Psychologie de l'amour.** 2e édit., 1900. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

GODFERNAUX (A.). **Le sentiment et la pensée et leurs principaux aspects physiologiques.** 1894. 1 vol. in-8. 5 fr.

HOFFDING, professeur à l'université de Copenhague. **Esquisse d'une psychologie fondée sur l'expérience,** trad. POITEVIN, préface de PIERRE JANET. 1900. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

JANET (Pierre), chargé de cours à la Sorbonne. **L'automatisme psychologique.** 3e édit., 1899. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

MALAPERT (P.). **Les éléments du caractère et leurs lois de combinaison.** 1897. 1 vol. in-8. 5 fr.

MOSSO, professeur à l'Université de Turin. **La peur.** *Étude psycho-physiologique*. 2e édit., 1902. 1 vol. in-18, avec grav. 2 fr. 50

— **La fatigue intellectuelle et physique,** traduit de l'italien par P. LANGLOIS. 2e édit., 1896. 1 vol. in-18, avec grav. 2 fr. 50

PIDERIT. **La mimique et la physiognomonie**, traduit de l'allemand par M. GIROT. 1888. 1 vol. in-8, avec 100 grav. 5 fr.

RIBOT (Th.), de l'Institut, directeur de la *Revue philosophique*. **La psychologie de l'attention**. 5e édit., 1900. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

— **L'hérédité psychologique**. 6e édit., 1902. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

— **La psychologie des sentiments**. 3e édit., 1899. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

SERGI, professeur à l'Université de Rome. **Éléments de psychologie**. 1888. 1 vol. in-8, avec grav. 7 fr. 50

SOLLIER (P.). **Le problème de la mémoire**. *Essai de psycho-mécanique*. 1900. 1 vol. in-8. 3 fr. 75

THOMAS (P.-F.). **La suggestion**, *son rôle dans l'éducation*. 1895. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

WUNDT. — **Hypnotisme et suggestion**, traduit de l'allemand par E. KELLER. 1893. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

Psychologie pathologique.

DUPRAT. **L'instabilité mentale**, essai sur les données de la psycho-pathologie. 1 vol. in-8. 1899. 5 fr.

— **Les causes sociales de la folie**. 1900. 1 vol. in-12. 2 fr. 50

DURKHEIM (Em.), professeur à l'Université de Bordeaux. **Le suicide**. 1 vol. in-8. 1897. 7 fr. 50

GURNEY, MYERS et PODMORE. **Les hallucinations télépathiques**, adaptation de l'anglais par L. MARILLIER, avec préface de M. Ch. RICHET 3e édit., 1899. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

MURISIER, professeur à l'Université de Neufchâtel. **Les maladies du sentiment religieux**. 1 vol. in-12. 1901. 2 fr. 50

NORDAU (Max). **Dégénérescence**. 2 vol. in-8, 5e édit., 1900. 17 fr. 50

RIBOT (Th.), de l Institut. **Les maladies de la mémoire**. 14e édit., 1901. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

— **Les maladies de la volonté**. 16e édit., 1901. In-18. 2 fr. 50

— **Les maladies de la personnalité**. 9e édit., 1901 In-18. 2 fr. 50

SOLLIER (P.). **Psychologie de l'idiot et de l'imbécile**. 2e édit., 1901, 1 vol. in-8, avec planches. 5 fr.

Hygiène. — Thérapeutique. — Pharmacie.

BOSSU. **Petit compendium médical**. Quintessence de pathologie, thérapeutique et médecine usuelle. 6e éd , 1901. 1 vol. in-32, cart. à l'angl. 1 fr. 25

BOUCHARDAT (A.) et (G.), membres de l'Académie de médecine. **Nouveau Formulaire magistral**, 1900, 32e édition, revue et augmentée de formules nouvelles, d'une *Note sur l'alimentation dans le diabète sucré* et de la *Liste complète des mets permis aux glycosuriques*. 1 vol. in-18, 3 fr. 50. — Cartonné à l'anglaise, 4 fr. — Relié. 4 fr. 50

BOUCHARDAT (A.) et DESOUBRY. **Nouveau formulaire vétérinaire**, 6e édit. conforme au nouveau Codex, revue et augmentée. 1895. 1 vol. in-18. Br., 3 fr. 50. — Cart. 4 fr. — Relié. 4 fr. 50

BOUCHARDAT (A.). **De la glycosurie ou diabète sucré**, son traitement hygiénique. 2e édition. 1 vol. grand in-8, suivi de notes et documents sur la nature et le traitement de la goutte, la gravelle urique, sur l'oligurie, le diabète insipide avec excès d'urée, l'hippurie, la pimélorrhée, etc. 15 fr.

— **Traité d'hygiène publique et privée** basée sur l'étiologie. 3e édition, 1 fort vol. gr. in-8. 18 fr.

BOURNEVILLE. **Manuel pratique de la garde-malade et de l'infirmière** 4e édition, 1893, publiée avec la collaboration de MM. BLONDEAU, de BOYER, BRISSAUD, BUDIN, KERAVAL, MAUNOURY, MONOD, POIRIER, PETIT-VENDOL, PINON, REGNARD, SEVESTRE, SOLLIER et YVON. 3 vol. in-18.

Tome I, *Anatomie et physiologie*, 2 fr.; Tome II, *Administration et comptabilité hospitalières*, 2 fr.; Tome III, *Pansement*, 3 fr.; Tome IV, *Femmes en couches. Soins à donner aux aliénés. Médicaments. Petit Dictionnaire*, 2 fr.; Tome V, *Hygiène*, 2 fr.

Les cinq volumes réunis. 7 fr. 50

DUFOUR. **Manuel de pharmacie pratique.** 1 vol. in-8. 1893. 5 fr.

FÉRÉ (Ch.), médecin de Bicêtre. **L'instinct sexuel.** *Évolution. Dissolution.* 1900. 1 vol. in-12, cart. 4 fr.

ICARD (S.). **L'alimentation des nouveau-nés.** Hygiène de l'allaitement artificiel. 1894. 1 vol. in-12, cart. à l'angl., avec 60 grav. 4 fr.

LAGRANGE (F.). **L'hygiène de l'exercice chez les enfants et les jeunes gens.** 7e éd., 1900. 1 vol. in-12, cartonné, à l'angl. 4 fr.

— **De l'exercice chez les adultes.** 4e édit., 1900, 1 volume in-12, cart. à l'angl. 4 fr.

LAUMONIER (J.). **Hygiène de l'alimentation dans l'état de santé et de maladie.** 1897. 1 vol. in-12, 2e édit., cart. à l'angl., avec grav. 4 fr.

LAYET, professeur à la Faculté de médecine de Bordeaux. **Traité pratique de la vaccination animale,** préface du prof. BROUARDEL. 1 vol. gr. in-8, avec 22 pl. hors texte. 12 fr.

LEVILLAIN. **Hygiène des gens nerveux,** 1 vol. in-12. 4e éd., 1901, cart. à l'angl. 4 fr.

MACÉ, professeur à l'École de pharmacie de Rennes. **Traité pratique et raisonné de pharmacie galénique.** 1 vol. in-8. 6 fr.

Manuel d'hygiène athlétique, à l'usage des lycéens et des jeunes gens des associations athlétiques. 1 broch. in-32. 1895. 50 c.

MOSSO, professeur à l'Université de Turin. **L'éducation physique de la jeunesse.** 1 vol. in-12, cart. à l'angl. 1895. 4 fr.

POSKIN (A.), ex-médecin de la Cie des Chemins de fer du Congo. **L'Afrique équatoriale,** climatologie, nosologie, hygiène. 1 vol. in-8, avec fig. 1898. 12 fr.

RIBBING, professeur à l'Université de Lund (Suède). **L'hygiène sexuelle et ses conséquences morales.** 2e éd., 1901. 1 vol. in-12, cartonné. 4 fr.

TISSIÉ (Ph.). **La fatigue et l'entraînement physique.** 1 vol. in-12. cart. à l'angl. 1897. (*Ouvrage couronné par l'Académie de médecine.*) 4 fr.

WEBER. **Climatothérapie,** traduit de l'allemand par MM. les docteurs DOYON et SPILLMANN. 1 vol. in-8. 6 fr.

Pathologie et thérapeutique chirurgicales

BUDIN (P.). **De la tête du fœtus au point de vue de l'obstétrique.** Grand in-8, avec 36 planches noires et 1 pl. en chromolith. 10 fr.

CHAUVEL, de l'Académie de médecine. **Études ophtalmologiques.** 1 vol., in-8. 1896. 5 fr.

CORNET. **Pratique de la Chirurgie courante.** Préface du professeur OLLIER. 1 fort vol. in-12, avec 111 gravures. 1900. 6 fr.

DE BOVIS, professeur à l'École de médecine de Reims. **Le cancer du gros intestin,** *rectum excepté.* 1901. 1 vol. in-8. 5 fr.

DELBET, professeur agrégé de la Faculté de médecine de Paris, chirurgien des hôpitaux. **Du traitement des anévrysmes.** 1 vol. in-8. 5 fr.

DELORME, médecin principal de l'armée, professeur au Val-de-Grâce. **Traité de chirurgie de guerre.** — Tome I. *Histoire de la chirurgie militaire française, plaies par armes à feu des parties molles.* 1 fort vol. gr. in-8, avec 95 fig. dans le texte et une planche en chromolithographie. 16 fr.

Tome II. *Lésions des os par les armes de guerre. — Blessures des régions. — Service de santé en campagne.* 1 fort vol. grand in-8, avec 397 gravures dans le texte. 26 fr.

(*Ouvrage couronné par l'Académie des sciences.*)

FRAISSE. **Principes du diagnostic gynécologique.** 1901. 1 vol. in-12, avec gravures. 5 fr.

GAYME (L.). **Essai sur la maladie de Basedow.** Gr. in-8. 6 fr.

LABADIE-LAGRAVE, médecin des hôpitaux de Paris, et LEGUEU, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, chirurgien des hôpitaux. **Traité médico-chirurgical de gynécologie.** 1 vol. gr. in-8, avec 323 gravures dans le texte. 2e édit., 1901. Cart. à l'anglaise. (*Couronné par l'Académie des sciences et par l'Académie de médecine.*) 25 fr.

LE FORT (Léon), professeur à la Faculté de médecine de Paris **Œuvres complètes**, publiées par le Dr LEJARS (1895-1896). Tome I : *Hygiène hospitalière, démographie, hygiène publique.* 1 vol in-8, 20 fr. Tome II : *Chirurgie militaire, enseignement.* 1 vol. in-8, 20 fr. Tome III : *Chirurgie.* 1 vol. in-8. 20 fr.

LEGUEU (voir ci-dessus LABADIE-LAGRAVE).

MALGAIGNE et LE FORT, professeurs à la Faculté de médecine de Paris. **Manuel de médecine opératoire.** 9e édit. 2 vol. gr. in-18, avec 787 fig. dans le texte. 16 fr. Cart. à l'anglaise. 17 fr. 50

NIMIER, médecin principal de l'armée, professeur au Val-de-Grâce, et DESPAGNET. **Traité élémentaire d'ophtalmologie.** 1 vol. gr. in-8, avec 432 gravures, cart. à l'angl. 1894. 20 fr.

NIMIER, médecin principal de l'armée, professeur au Val-de Grâce, et LAVAL. **Les projectiles des armes de guerre.** *Leur action et leurs effets vulnérants.* 1898. 1 vol. in-12, avec gravures. 3 fr.

— **Les explosifs, les poudres, les projectiles d'exercice,** *leur action vulnérante.* 1899. 1 vol. in-12, avec gravures. 3 fr.

— **Les armes blanches.** *Leur action et leurs effets vulnérants.* 1899. 1 fort vol. in-12, avec gravures. 6 fr.

(*Ces trois volumes ont été couronnés par l'Académie des sciences.*)

— **De l'infection en chirurgie d'armée.** *Évolution des blessures de guerre.* 1900. 1 fort vol. in-12, avec gravures. 6 fr.

— **Traitement des blessures de guerre.** 1901. 1 fort vol. in-12, avec gravures. 6 fr.

POZZI (A.), professeur à l'École de médecine de Reims. **Manuel théorique et pratique d'accouchements.** 3e édit., 1902. 1 vol. in-12, avec 136 grav., cart. à l'angl. 4 fr.

REBLAUB (Th.). **Des cystites non tuberculeuses chez la femme** (étiologie et pathogénie). 1 vol. in-8. 1892. 4 fr.

TERRIER (F.), professeur à la Faculté de médecine de Paris, et BAUDOUIN. **De l'hydronéphrose intermittente.** 1 vol. in-8. 1892. 5 fr.

— et PÉRAIRE. **Manuel de petite chirurgie de Jamain.** 8e éd., refondue. 1901. 1 vol. gr. in-18, avec 572 fig., cart. à l'angl. 8 fr.

— et PÉRAIRE. **Petit Manuel d'antisepsie et d'asepsie chirurgicales.** 1 vol. in-18, avec 70 grav., cart. à l'angl. 1898. 3 fr

— et PÉRAIRE. **Petit manuel d'anesthésie chirurgicale.** 1 vol. in-18, avec grav., cart. à l'angl. 1893. 3 fr.

— et PÉRAIRE. **L'opération du trépan.** 1 vol. in-12, avec 222 grav., cart. à l'angl. 1895. 4 fr.

— et E. REYMOND. **Chirurgie de la plèvre et du poumon.** 1 vol. in-12, avec 67 gravures, cart. à l'anglaise. 1899. 4 fr.

TERRIER (F.) et E. REYMOND. **Chirurgie du cœur et du péricarde.** 1 vol. in-12, avec 79 grav., cart. à l'anglaise. 1898. 3 fr.

— GUILLEMAIN, chirurgien des hôpitaux, et MALHERBE. **Chirurgie du cou.** 1 vol. in-12, avec 101 grav., cart. à l'angl. 1898. 4 fr.

— GUILLEMAIN et MALHERBE. **Chirurgie de la face.** 1 vol. in-12, avec 214 grav., cart. à l'angl. 1896. 4 fr.

— et AUVRAY, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. **Chirurgie du foie et des voies biliaires.** *Traumatismes du foie et des voies biliaires. — Foie mobile. — Tumeurs du foie et des voies biliaires.* 1901. 1 vol. gr. in-8, avec 50 gravures. 10 fr.

VALOIS. **Blessures par grains de plomb de l'organe de la vision.** 1 vol. in-8. 1896. 3 fr.

VIALET. **Les centres cérébraux de la vision et l'appareil nerveux visuel extra-cérébral.** Avec figures. In-8. 15 fr.

Congrès français de Chirurgie. *Procès-verbaux, mémoires et discussions*, publiés sous la direction de MM. S. Pozzi et Picqué, secrétaires généraux (Chaque session forme un vol. in-8, avec figures). 1re session, 1885, 14 fr.; 2e session, 1886, 14 fr.; 3e session, 1888, 14 fr ; 4e session, 1889, 16 fr.; 5e session, 1891, 14 fr.; 6e session, 1892, 16 fr.; 7e session, 1893, 18 fr.; 8e session, 1894, 20 fr.; 9e session, 1895, 20 fr.; 10e session, 1896, 20 fr.; 11e, session, 1897, 20 fr.; 12e session, 1898, 20 fr.; 13e session, 1899, 20 fr.

Revue de Chirurgie. Directeurs : MM. Terrier, Berger, Quénu, Poncet; Rédacteur en chef : M. Terrier. (Voir p. 31.)

Anatomie. — Physiologie.

ALEZAIS, professeur à l'École de médecine de Marseille. **Contribution à la myologie des rongeurs.** 1 vol. gr. in-8, avec grav. 10 fr.

ARLOING, professeur à la Faculté de médecine de Lyon. **Les virus.** 1 vol. in-8, avec grav., cart. 6 fr.

BEAUNIS (H.), professeur à la Faculté de médecine de Nancy. **Les sensations internes.** 1 vol. in-8, cart. 6 fr.

BERNSTEIN. **Les sens.** 1 vol. in-8, avec 91 fig., 5e édit., cart. 6 fr.

BOURDEAU (L.). **Le problème de la mort.** 3e édit., 1900. 1 vol. in-8. 5 fr.

— **Le problème de la vie.** 1901. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

CHARLTON BASTIAN. **Le cerveau.** 2 vol. in-8, avec grav. cart. 12 fr.

CORNIL, professeur à la Fac. de méd. de Paris, RANVIER, de l'Institut, professeur au Collège de France, BRAULT et LETULLE. **Manuel d'histologie pathologique.** 3e édit. entièrement refondue.

Tome I. *Généralités. — Inflammations. — Tumeurs. — Bactéries. Lésions des os, des tissus, des membranes séreuses*, par MM. Ranvier, Cornil, Brault, F. Bezançon, M. Cazin. 1 vol. gr. in-8, avec 369 grav. en noir et en couleurs. 1900. 25 fr.

Tome II. *Muscles. — Sang et hématopoïèse. — Cerveau et moelle. — Nerfs*, par MM. Durante, Joly, Dominici, Gombault, Philippe. 1 vol. gr. in-8, avec grav. en noir et en couleurs. 1901. 25 fr. L'ouvrage complet formera 4 volumes.

CORNIL et BABES, professeur à la Faculté de médecine de Bucarest. **Les bactéries** et leur rôle dans l'histologie pathologique des maladies infectieuses. 2 vol. gr. in-8, contenant la description des méthodes de bactériologie. 3e édit., 1890, avec 385 figures en noir et en coul. dans le texte, et 10 pl. hors texte. 40 fr.

DEBIERRE (Ch.), professeur à la Faculté de médecine de Lille. **Traité élémentaire d'anatomie de l'homme** (anatomie descriptive et dissection, avec notions d'organogénie et d'embryologie générale). 2 vol. grand in-8, avec 965 grav. en noir et en couleurs dans le texte. 1890-91. (*Couronné par l'Académie des sciences*). 40 fr.

On vend séparément :

TOME I. Manuel de l'amphithéâtre : *Système locomoteur, système vasculaire, nerfs périphériques*. 1 vol. in-8, avec 450 fig. 1890. 20 fr.

TOME II. *Système nerveux central, organes des sens, splanchnologie, système vasculaire, système nerveux périphérique*. 1 vol. in-8, avec 515 gravures, 1891. 20 fr.

Les mêmes, en cart. anglais, 1 fr. 50 de plus par volume.

— **Les Centres nerveux** (moelle épinière et encéphale), avec applications physiologiques et médico-chirurgicales. 1 vol. in-8, avec grav. en noir et en couleurs. 1894. 12 fr.

— **Atlas d'ostéologie**, comprenant les articulations des os et les insertions musculaires. 1 vol. in-4, avec 253 grav. en noir et en couleurs, cart., toile dorée. 1895. 12 fr.

— **Leçons sur le péritoine**. 1900. 1 vol. in-8, avec 58 figures. 4 fr.

DUMONT. **Théorie scientifique de la sensibilité**. In-8, cart. 6 fr.

DUVAL (Mathias), de l'Académie de médecine, prof. à la Fac. de méd. de Paris. **Le placenta des rongeurs**. 1 beau vol in-4, avec 106 fig. dans le texte et un atlas de 22 pl. en taille-douce hors texte. 1893. 40 fr.

— **Le placenta des carnassiers**. 1 beau vol. in-4, avec 46 grav. dans le texte et un atlas de 13 planches en taille-douce. 1895. 25 fr.

— **Études sur l'embryologie des cheiroptères**. *L'ovule, la gastrula, le blastoderme et l'origine des annexes chez le murin*. 1 fort vol , avec 29 fig. dans le texte et 5 pl. en taille-douce, 1899. 15 fr.

FAU. **Anatomie des formes du corps humain**, à l'usage des peintres et des sculpteurs. 1 atlas in-folio de 25 planches, avec texte explicatif. Prix : fig. noires. 15 fr. — Figures coloriées. 30 fr.

GELLÉ (E.-M.), membre de la Société de biologie. **L'audition et ses organes**. 1 vol. in-8, avec grav., cart. à l'angl. 1899. 6 fr.

GILIS, prof. à la Fac. de méd. de Montpellier. **Étude sur la région inguino-abdominale et sur le canal inguinal**. In-8. 1 fr. 50

HERZEN. **Causeries physiologiques**. 1899. 1 vol. in-12. 3 fr. 50

KŒNIG (C.-J.). **Contribution à l'étude expérimentale des canaux semi-circulaires**. 1 vol. in-8. 1897. 3 fr. 50

LAGRANGE (F.), lauréat de l'Institut. **Physiologie des exercices du corps**. 1 vol. in-8 7e édition. 1896., Cart. à l'angl. 6 fr.

LANGLOIS (P.), professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. **Les capsules surrénales**. 1 vol. in-8. 1897. 4 fr.

LIEBREICH (R.). **Atlas d'ophtalmoscopie**, représentant l'état normal et les modifications pathologiques du fond de l'œil, visibles à l'ophtalmoscope. 1 atlas in-4, avec 12 planches en chromolithographie, et texte explicatif. 3e édition. 40 fr,

LUYS, de l'Académie de médecine. **Le cerveau, ses fonctions**. 1 vol. in-8. 7e édit., avec figures. Cart. 6 fr.

MAREY, de l'Institut. **La machine animale**. 6e édit. 1 vol. in-8, cart. 6 fr.

MAYER. **Essai sur la soif**. 1900. 1 vol. in-8. 3 fr.

PETTIGREW, professeur au Royal College de chirurgie d'Édimbourg. **La locomotion chez les animaux**. In-8, av. grav., 2e éd. Cart. 6 fr.

POZZI (A.), professeur à l'École de médecine de Reims. **Éléments d'anatomie et de physiologie génitales et obstétricales**, à l'usage des sages-femmes. 1 vol. in-12, av. 219 grav. 1894. Cart. 4 fr.

PREYER, professeur à l'Université d'Iéna. **Éléments de physiologie générale**, traduit de l'allemand par M. Jules SOURY. 1 vol. in-8. 5 fr.

— **Physiologie spéciale de l'embryon**. 1 vol. in-8, avec fig. et 9 pl. hors texte. 7 fr. 50

RICHET (Ch.), professeur à la Faculté de médecine de Paris. **La chaleur animale**. 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.

— **Physiologie**, travaux du laboratoire du prof. CH. RICHET.

Tome I. *Système nerveux, Chaleur animale.* (Épuisé.)

Tome II. *Chimie physiologique, Toxicologie.* In-8, avec 129 grav. dans le texte. 1893. 12 fr.

Tome III. *Chloralose, Sérothérapie*, etc. In-8, avec grav. 1894. 12 fr.

Tome IV. *Appareils glandulaires, nerfs et muscles, sérothérapie, chloroforme.* In-8, avec gravures. 1898. 12 fr.

— **Dictionnaire de physiologie**, publié avec le concours de savants français et étrangers. Formera 8 à 10 volumes gr. in-8, se composant chacun de 3 fascicules; chaque volume, 25 fr.; chaque fascicule, 8 fr. 50. 4 volumes et 2 fasc. parus du T. V. — Le 2e fascicule du tome V se termine au mot *Estomac.*

Tome I (*A-Bac*). — Tome II (*Bac-Cer*). — Tome III (*Cer-Cob*). — Tome IV (*Coc-Dig*).

SNELLEN. **Échelle typographique** pour mesurer l'acuité de la vision, 14e éd., 1898. 4 fr.

SOURY (J.). **Les fonctions du cerveau**, doctrines de l'École de Strasbourg et de l'École italienne. 1892. In-8, avec figures. 8 fr.

SULLY (James). **Les illusions des sens et de l'esprit**. 1 vol. in-8, avec gravures. 3e édit. Cartonné. 6 fr.

TOURNEUX (F.), prof. à la Faculté de médecine de Toulouse. **Atlas d'embryologie des organes génito-urinaires**. 1 vol. in-4. 40 fr.

Journal de l'anatomie et de la physiologie normales et pathologiques de l'homme et des animaux, dirigé par MATHIAS DUVAL. (Voir p. 31.)

Physique. — Chimie.

BERTHELOT, de l'Institut. **La synthèse chimique**. 1 vol. in-8. 8e édit. Cart. 6 fr.

— **La Révolution chimique, Lavoisier.** 1 vol. in-8, cart. 6 fr.

BLASERNA, professeur à l'Université de Rome. **Le son et la musique**, 4e édit. 1 vol. in-8, avec fig., cart. 6 fr.

FUCHS. **Les volcans et les tremblements de terre**. 1 vol. in-8, avec fig. et 1 carte en couleurs. 6e édit., cart. 6 fr.

GRIMAUX, de l'Institut. **Chimie organique élémentaire**. 1 vol. in-12. 8e édit., 1901, avec figures, cart. 5 fr. 50

— **Chimie inorganique élémentaire**. 8e édit., 1901. 1 vol. in-12, avec figures, cart. 5 fr. 50

GUILLEMAIN, professeur de physique à l'Éc. de méd. d'Alger. **Génération de la voix et du timbre**. Préface de J. VIOLLE, de l'Institut, 2e édition, avec 122 gravures, in-8. 10 fr.

PISANI. **Traité pratique d'analyse chimique qualitative et quantitative**, suivi d'un traité d'**Analyse au chalumeau**. 5e éd., 1900. 1 vol. in-12. 3 fr. 50

PISANI et DIRVELL. **La chimie du laboratoire**. 1 v. in-12, avec fig. dans le texte. 2e édit. revue. 1893. 4 fr.

ROOD, professeur à Columbian-College, de New-York. **Théorie scientifique des couleurs**. 1 vol. in-8, avec figures et une planche en couleurs hors texte. 2e édit. Cart. 6 fr.

SAIGEY. **La physique moderne**. 1 vol. in-18. 2e édit. 2 fr. 50

SCHUTZENBERGER, de l'Institut. **Les fermentations,** avec figures dans le texte 1 vol. in-8. 6e édit., 1895. Cart. 6 fr.
STALLO. **La matière et la physique moderne.** In-8. 3e éd Cart. 6 fr.
TYNDALL. **Les glaciers et les transformations de l'eau,** avec fig. 1 vol. in-8 7e édit. Cart. 6 fr.
WURTZ, de l'Institut. **La théorie atomique.** In-8. 5e édit. Cart. 6 fr.

Histoire naturelle.

BELZUNG, professeur agrégé des sciences naturelles au Lycée Charlemagne, docteur ès sciences. **Anatomie et physiologie animales.** 1 vol in-8, avec 540 figures. 9e édit., 1901. 6 fr.
— **Anatomie et physiologie végétales.** 1900. 1 fort vol. in-8, avec 1700 gravures dans le texte. 20 fr.
BERTRAND (C.-Eg.), professeur à la Faculté des sciences de Lille. **Remarques sur le Lepidodendron Hartcourtii de Witham.** 1 vol. in-8, avec planches. 10 fr.
CANDOLLE (de), correspondant de l'Institut. **L'origine des plantes cultivées.** 1 vol. in-8. 3e édition. Cart. 6 fr.
COOKE et BERKELEY. **Les champignons,** avec 110 figures dans le texte. 1 vol in-8. 4e édit. Cart. 6 fr.
COSTANTIN (J.), maître de conférences à l'École normale supérieure. **Les végétaux et les milieux cosmiques.** (Adaptation, évolution). 1 vol. in-8, avec 171 grav., cart. à l'angl. 1898. 6 fr.
— **La nature tropicale.** 1 vol. in-8, avec 166 gravures. Cartonné à l'angl. 1899. 6 fr.
DAUBRÉE, de l'Institut. **Les régions invisibles du globe et des espaces célestes.** 1 vol. in-8, avec 89 fig. 2e édit. revue. 1892. Cart. 6 fr.
HALLEZ (Paul), professeur à la Faculté de médecine de Lille. **Morphologie générale et affinités des tubellariées.** 1 vol. in-8. 2 fr.
HERBERT SPENCER. **Principes de biologie.** 2 vol. in-8. 20 fr.
HUXLEY (Th.), de la Société royale de Londres. **L'écrevisse,** introduction à l'étude de la zoologie. 1 vol. in-8, avec 89 fig. 2e éd. Cart. 6 fr.
— **La physiographie,** introduction à l'étude de la nature. 1 vol. in-8, avec 128 grav. et 2 planches. 2e éd., 1892. 8 fr.
DE LANESSAN, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. **Introduction à la botanique** (*le Sapin*). 1 vol. in-8, avec fig. 2e edit., 1898. Cart 6 fr.
LUBBOCK (Sir John). **Les sens et l'instinct chez les animaux,** principalement chez les insectes. 1 vol in-8, avec grav. Cart. 6 fr.
MEUNIER (Stan.), professeur au Muséum d'histoire naturelle. **La géologie comparée.** 1 vol. in-8, avec grav. 1895. Cart. à l'angl. 6 fr.
— **La géologie expérimentale.** 1 vol. in-8, avec grav. 1899. Cart. à l'angl. 6 fr.
PERRIER, de l'Institut, directeur du Muséum d'histoire naturelle de Paris. **La philosophie zoologique avant Darwin.** 1 vol in-8. 2e édit. Cart. 6 fr.
QUATREFAGES (de), de l'Institut. **L'espèce humaine.** 1 vol. in-8. 10e edit. Cart. 6 fr.
— **Darwin et ses précurseurs français.** 1 vol. in-8. 2e édit., 1892. Cart. 6 fr.
— **Les Émules de Darwin,** avec préface de MM. Perrier et Hamy, de l'Institut. 2 vol. in-8. Cart. 1893. 12 fr.
ROCHÉ (G.), inspecteur général des Pêches maritimes. **La culture des mers en Europe.** 1 vol. in-8, avec 81 gr., cart. à l'angl. 1898. 6 fr.
ROMANES. **L'intelligence des animaux,** avec préface de M. Edm. Perrier. 2 vol. in-8. 3e édit. Cart. 12 fr.
DE SAPORTA, correspondant de l'Institut, et MARION, professeur à la Faculté des sciences de Marseille. **L'évolution du règne végétal.** Tome I : *Les Cryptogames.* 1 vol. in-8, avec 85 figures dans le

texte. Cart. à l'anglaise, 6 fr. TOMES II et III : *Les Phanérogames*. 2 vol. in-8, avec 136 figures dans le texte. Cart. 12 fr.

SCHMIDT (O.), professeur à l'Université de Strasbourg. **La descendance de l'homme et le darwinisme**. In-8, 5e édit. Cart. 6 fr.

— **Les mammifères dans leurs rapports avec leurs ancêtres géologiques**. 1887. 1 vol. in-8, avec 51 fig. Cart. 6 fr.

TROUESSART. **Les microbes, les ferments et les moisissures**. 1 vol. in-8, avec 107 fig. 2e édit. revue. Cart. 6 fr.

VAN BENEDEN, professeur à l'Université de Louvain. **Les commensaux et les parasites dans le règne animal**. 1 vol. in-8, avec figures. 4e édit. Cart. 6 fr.

VIANNA DE LIMA. **L'homme selon le transformisme**. In-12. 2 fr. 50

Anthropologie.

BRUNACHE. **Le centre de l'Afrique**. *Autour du Tchad*. 1 vol. in-8, avec gravures. Cart. 6 fr.

CARTAILHAC. **La France préhistorique**. 1 vol. in-8, avec 162 gravures. 2e édit., 1895. Cart. 6 fr.

EVANS (John), de la Société royale de Londres. **L'âge du bronze**. 1 beau vol. gr in-8, avec nombreuses figures dans le texte. 15 fr.

GROSSE. **Les débuts de l'art**. 1 vol. in-8. 1901. Cart. 6 fr.

LUBBOCK (Sir John). **L'homme préhistorique**, avec 256 fig. 4e édit., 1898. 2 vol. in-8. Cart. 12 fr.

— **Origines de la civilisation**. 1 vol. in-8, avec fig. 15 fr.

MORACHE (G.), professeur à la Faculté de médecine de Bordeaux. **Le mariage**, étude de socio-biologie et de médecine légale. 1 vol. in-12. Cart. 4 fr.

MORTILLET (G. de), professeur à l'École d'anthropologie. **La formation de la nation française**. 2e édit., 1900. 1 vol. in-8, avec 150 grav. et 18 cartes. Cartonné à l'angl. 6 fr.

PIÉTREMENT. **Les chevaux dans les temps historiques et préhistoriques**. 1 vol. gr. in-8. 6 fr.

TOPINARD. **L'homme dans la nature**. 1 vol. in-8, avec grav. 1891. Cart. 6 fr.

Revue de l'École d'anthropologie. (Voir p. 32).

Anthropologie criminelle.

AUBRY (Dr P.). **La contagion du meurtre**. 3e édit., 1896. Préface de M. le Docteur CORRE. 1 vol. in-8. 5 fr.

FÉRÉ (Ch.), médecin de Bicêtre. **Dégénérescence et criminalité** 2e édit., 1895. 1 vol. in-18, avec 21 graphiques. 2 fr. 50

FLEURY (Dr Maurice de). **L'Ame du criminel**. In-18. 1898. 2 fr. 50

GAROFALO, conseiller à la Cour d'appel de Naples. **La criminologie**. 1 vol. in-8, 4e édit., 1895. 7 fr. 50

LOMBROSO, professeur à l'Université de Turin. **Nouvelles recherches de psychiatrie et d'anthropologie criminelle**. In-18. 2 fr. 50

— **Les applications de l'anthropologie criminelle**. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

— **L'anthropologie criminelle et ses récents progrès**. 4e éd., 1901. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

— **L'homme criminel** (criminel-né, fou-moral, épileptique). 2e édit., 1895. 2 vol. in-8, avec atlas. 36 fr.

— et FERRERO. **La femme criminelle et la prostituée**. 1 vol. in-8, avec 13 pl. hors texte. 15 fr.

— et LASCHI. **Le crime politique et les révolutions**. 2 vol. in-8, avec planches hors texte. 15 fr.

PROAL (Louis), conseiller à la Cour de Paris. **La criminalité politique**. 1895. 1 vol. in-8. 5 fr.

PROAL (Louis), conseiller à la Cour de Paris. **Le crime et la peine.** 3e édit., 1899. 1 vol. in-8. 10 fr.
— **Le crime et le suicide passionnels.** 1900. 1 vol. in-8. 10 fr.
SIGHELE, professeur à l'Université libre de Bruxelles. **La foule criminelle.** 2e édit., 1901. 1 vol. in-8. 5 fr.
TARDE (G.), de l'Institut. **La criminalité comparée.** 5e édit., 1902. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

Hypnotisme et magnétisme. — Sciences occultes.

AZAM, professeur à la Faculté de médecine de Bordeaux. **Hypnotisme et double conscience**, avec préfaces et lettres de MM. PAUL BERT, CHARCOT et RIBOT. 1893. 1 vol. in-8. 9 fr.
BINET. **La psychologie du raisonnement**, étude expérimentale par l'hypnotisme. 1886. 1 vol. in-18. 2 fr. 50
— et FÉRÉ. **Le magnétisme animal.** 4e éd., 1894. 1 vol. in-8, avec fig. Cartonné. 6 fr.
CAHAGNET. **Méditations d'un penseur**, ou Mélanges de philosophie et de spiritualisme, d'appréciations, d'aspirations et de déceptions. 2 vol. in-18. 10 fr.
DELBŒUF (J.), professeur à l'Université de Liège. **Le magnétisme animal.** In-8, 1889. 2 fr. 50
— **Magnétiseurs et médecins.** 1 broch. in-8, 1890. 2 fr.
DU POTET. **Traité complet de magnétisme**, cours en douze leçons. 4e édition. 1 vol. in-8. 8 fr.
— **Manuel de l'étudiant magnétiseur**, ou Nouvelle instruction pratique sur le magnétisme, fondée sur *trente années* d'expériences et d'observations. 4e édit. 1 vol. gr. in-18. 3 fr. 50
— **Le magnétisme opposé à la médecine.** In-8. 6 fr.
DURAND DE GROS. **Le Merveilleux scientifique.** Mesmérisme, Braidisme, Fario-Grimisme. 1894. 1 vol. grand in-8. 6 fr.
— **Les mystères de la suggestion.** 1 br. in-8. 1896. 1 fr.
ELIPHAS LEVI. **Histoire de la magie**, avec une exposition de ses procédés, de ses rites et de ses mystères. 1 vol. in-8, avec 90 fig. 2e édit. 12 fr.
— **La clef des grands mystères**, suivant Hénoch, Abraham, Hermès Trismégiste et Salomon. 1 vol. in-8. 12 fr.
— **Dogme et rituel de la haute magie.** 2e édit. 2 vol. in-8, avec 24 fig. 18 fr.
— **La science des esprits**, révélation du dogme secret des cabalistes, esprit occulte des Évangiles, appréciations des doctrines et des phénomènes spirites. 1 vol. in-8. 7 fr.
GYEL (E.). **L'être subconscient.** 1 vol. in-8. 1898. 4 fr.
JANET (Pierre), chargé de cours à la Sorbonne. **L'automatisme psychologique.** Essai sur les formes inférieures de l'activité humaine. 1 vol. in-8. 3e édit. 1898. 7 fr. 50
LAFONTAINE. **L'art de magnétiser**, ou le magnétisme vital au point de vue théorique, pratique et thérapeutique. 7e édit. in-8. 5 fr.
— **Mémoires d'un magnétiseur.** 2 vol. in-18. 7 fr.
MESMER. **Mémoires et aphorismes**, suivis des procédés de d'Eslon. Nouv. édit. avec des notes par J.-J.-A. Ricard. In-18. 2 fr. 50
NIZET (A.). **L'Hypnotisme**, étude critique. 1 vol. in-12, 2e éd. 2 fr. 50
PHILIPS (J.-P.) (DURAND DE GROS). **Cours théorique et pratique de braidisme**, ou hypnotisme nerveux, considéré dans ses rapports avec la psychologie, la physiologie et la pathologie, et dans ses applications à la médecine, à la chirurgie, à la physiologie expérimentale, à la médecine légale et à l'éducation. 1 vol. in-8. 3 fr. 50

RÉGNIER (L.-R.). **Hypnotisme et croyances anciennes.** 1891. In-8, avec figures et planches. 6 fr.

WUNDT. **Hypnotisme et suggestion.** 1 vol. in-18. 1893. 2 fr. 50

Histoire des sciences.

ALEZAIS, professeur à l'École de médecine de Marseille. **Les anciens chirurgiens et barbiers de Marseille.** 1900. 1 vol. in-8. 3 fr. 50

BOUCHUT, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. **Histoire de la médecine et des doctrines médicales.** 2 vol. in-8. 16 fr.

DAVID (Th.), chirurgien-dentiste des hôpitaux de Paris. **Bibliographie française de l'art dentaire.** 1 fort vol. gr. in-8. 1889. 6 fr.

FERRARI (Dr). **Une chaire de médecine au XVe siècle à l'Université de Pavie.** 1 vol. in-8. 8 fr.

GARNIER (Dr S.). **Barbe Buvée**, étude hist. et médicale. 3 fr. 50

GRIMAUX (Ed.), de l'Institut. **Lavoisier (1743-1794)**, d'après sa correspondance, ses manuscrits, ses papiers de famille et d'autres documents inédits. 3e édit., 1899. 1 beau vol. grand in-8, avec 10 gravures hors texte, en taille-douce et en typographie. 15 fr.

NICAISE, de l'Académie de médecine. **La grande Chirurgie de Guy de Chauliac**, chirurgien, maître en médecine de l'Université de Montpellier, composée en l'an 1363, *revue et collationnée sur les manuscrits et imprimés latins et français*, ornée de gravures avec notes, une introduction sur le moyen âge, sur la vie et les œuvres de Guy de Chauliac, un glossaire et une table alphabétique, par E. NICAISE. 1 fort vol. grand in-8. 1891. 28 fr.

— **Traité de chirurgie de Henri de Mondeville**, revu et collationné d'après les manuscrits du XIVe siècle. 1 vol. grand in-8, avec introduction et notes, par E. NICAISE. 1892. 28 fr.

— **Chirurgie de Pierre Franco de Turriers en Provence**, composée en 1561, nouvelle edition, avec une introduction historique, une biographie et l'histoire du collège de chirurgie, par E. NICAISE. 1 vol. gr. in-8, avec grav. 1894. 20 fr.

MAINDRON (E.). **L'Académie des sciences.** *Histoire de l'Académie; fondation de l'Institut national; Bonaparte, membre de l'Institut.* 1 beau vol. grand in-8, avec 53 gravures dans le texte, portraits, plans, etc., 8 planches hors texte et 2 autographes. 12 fr.

PETIT (L.-H.). **Œuvres complètes de Jean Méry, 1645-1722** (anatomie, physiologie, chirurgie), avec une préface de M. le professeur VERNEUIL. 1 vol. grand in-8, avec 3 planches et le portrait de Méry tirés hors texte. 1887. 16 fr.

TANNERY. **Pour la science hellène**, de Thalès à Empédocle. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

TRIAIRE (P.). **Bretonneau et ses correspondants**, ouvrage comprenant la correspondance de TROUSSEAU et de VELPEAU avec BRETONNEAU, et une introduction du Dr LEREBOULLET. 2 beaux volumes in-8. 25 fr.

Philosophie scientifique.

AGASSIZ. **De l'espèce et des classifications en zoologie**; traduit de l'anglais par VOGELI. 1 vol. in-8. 5 fr.

BAIN. **L'esprit et le corps.** 6e édit. 1 vol. in-8, cart. 6 fr.

BARTHÉLEMY-SAINT HILAIRE, de l'Institut. **La philosophie dans ses rapports avec les sciences et la religion.** 1 vol. in-8. 1889. 5 fr.

BOIRAC (Émile), recteur de l'Académie de Grenoble. **L'idée de phénomène.** 1894. 1 vol in-8. 5 fr.

BOUTROUX (Em.), de l'Institut. **De la contingence des lois de la nature.** 4e édit., 1902. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

DELBOEUF, professeur à l'Université de Liège. **La matière brute et la matière vivante.** 1 vol. in-18. 1887. 2 fr. 50

DEMOOR, MASSART et VANDERVELDE, professeurs à l'Université de Bruxelles. **L'Évolution régressive en biologie et en sociologie.** 1 vol. in-8, avec 81 grav., cart. à l'angl. 6 fr.

DUNAN. **La théorie psychologique de l'espace.** In-18. 2 fr. 50

DURAND DE GROS. **Aperçus de taxinomie générale.** In-8. 5 fr.

FÉRÉ (Ch.), médecin de Bicêtre. **Sensation et mouvement.** 2e édit., 1900. 1 vol. in-18, avec gravures. 2 fr. 50

GOBLOT (Edm.), professeur à l'Université de Caen. **Essai sur la classification des sciences.** 1 vol. in-8. 1898. 5 fr.

GUYAU. **La genèse de l'idée de temps.** 1 vol. in-18. 2e éd. 2 fr. 50

HANNEQUIN, professeur à l'Université de Lyon. **Essai critique sur l'hypothèse des atomes dans la science contemporaine.** 1 vol. in-8. 2e édit. 1899. 7 fr. 50

HARTMANN (E. de). **Le darwinisme.** *Ce qu'il y a de vrai, ce qu'il y a de faux dans cette doctrine.* 6e édit , 1898. In-18. 2 fr. 50

LECHALAS, ingénieur en chef des ponts et chaussées. **Etude sur l'espace et le temps.** 1896. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

LE DANTEC, chargé du cours d'Embryogénie à la Sorbonne. **Le déterminisme biologique et la personnalité consciente.** 1897. 1 vol in-18. 2 fr. 50

— **L'individualité et l'erreur individualiste.** 1 vol. in-18. 1898. 2 fr. 50

— **Evolution individuelle et hérédité.** 1 vol. in-8. 1898. 6 fr.

— **Lamarckiens et Darwiniens.** 1 vol. in-18. 1900. 2 fr. 50

— **L'unité dans l'être vivant.** 1 vol. in-8. 1902. 7 fr. 50

LIARD, de l'Institut. **Des définitions géométriques et des définitions empiriques.** 2e édit., 1888. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

— **La science positive et la métaphysique.** 3e édit., 1893. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

MARTIN (F.). **La perception extérieure et la science positive,** essai de philosophie des sciences. 1894. 1 vol. in-8. 5 fr.

NAVILLE (E.). correspondant de l'Institut. **La logique de l'hypothèse.** 2e édit., 1894. 1 vol. in-8. 5 fr.

— **La physique moderne.** 2e édit., 1890. 1 vol. in-8. 5 fr.

NAVILLE (A.), doyen de la Faculté des lettres de l'Université de Genève. **Nouvelle classification des sciences.** 1 vol. in-18. 2 fr. 50

PIOGER (Julien). **Le monde physique.** Essai de conception expérimentale. 1892. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

RIBERT (Léonce). **Essai d'une philosophie nouvelle suggérée par la science.** 1 vol. in-8. 1898. 6 fr.

ROMANES. **L'intelligence des animaux.** 2 vol. in-8. 3e édit. Cart. 12 fr.

SCHMIDT, professeur à l'Université de Strasbourg. **Les sciences naturelles et la théorie de l'inconscient.** 1 vol. in-18. 2 fr. 50

SPENCER (Herbert). **Classification des sciences,** 7e édit. 1 vol. in-18. 2 fr. 50

— **Principes de biologie.** Traduit par M. CAZELLES. 2e édit., 1889. 2 forts vol. in-8. 20 fr.

— **Essais scientifiques.** Traduit par A. BURDEAU. 3e édit., 1898. 1 vol. in-8. 7 fr. 50

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

Publiée sous la direction de M. Émile ALGLAVE

La *Bibliothèque scientifique internationale* est une œuvre dirigée par les auteurs mêmes, en vue des intérêts de la science, pour la populariser sous toutes ses formes, et faire connaître immédiatement dans le monde entier les idées originales, les directions nouvelles, les découvertes importantes qui se font chaque jour dans tous les pays. Chaque savant expose les idées qu'il a introduites dans la science et condense pour ainsi dire ses doctrines les plus originales.

La *Bibliothèque scientifique internationale* ne comprend pas seulement des ouvrages consacrés aux sciences physiques et naturelles; elle aborde aussi les sciences morales, comme la philosophie, l'histoire, la politique et l'économie sociale, la haute législation, etc.; mais les livres traitant des sujets de ce genre se rattachent encore aux sciences naturelles, en leur empruntant les méthodes d'observation et d'expérience qui les ont rendues si fécondes depuis deux siècles.

Cette collection paraît à la fois en français et en anglais : à Paris, chez Félix Alcan; à Londres, chez C. Kegan, Paul et Cie; à New-York, chez Appleton.

Les titres marqués d'un astérisque* sont adoptés par le *Ministère de l'Instruction publique de France* pour les bibliothèques des lycées et des collèges.

LISTE DES OUVRAGES

95 VOLUMES IN-8, CARTONNÉS A L'ANGLAISE. CHAQUE VOLUME : 6 FRANCS.

1. J. TYNDALL. * **Les Glaciers et les Transformations de l'eau**, avec figures. 1 vol. in-8. 7e édition. 6 fr.
2 BAGEHOT. * **Lois scientifiques du développement des nations** dans leurs rapports avec les principes de la sélection naturelle et de l'hérédité. 1 vol. in-8. 6e édition. 6 fr.
3. MAREY. * **La Machine animale**, locomotion terrestre et aérienne, avec de nombreuses fig. 1 vol. in-8. 6e édit. augmentée. 6 fr
4. BAIN. * **L'Esprit et le Corps.** 1 vol. in-8. 6e édition. 6 fr.
5. PETTIGREW. * **La Locomotion chez les animaux**, marche, natation. 1 vol. in-8, avec figures. 2e édit. 6 fr.
6. HERBERT SPENCER.* **La Science sociale.** 1 v. in-8. 12e édit. 6 fr.
7 SCHMIDT (O.). * **La Descendance de l'homme et le Darwinisme.** 1 vol. in-8, avec fig. 6e édition. 6 fr.
8 MAUDSLEY. * **Le Crime et la Folie.** 1 vol. in-8. 7e édit. 6 fr.
9. VAN BENEDEN. * **Les Commensaux et les Parasites dans le règne animal.** 1 vol. in-8, avec figures. 4e édit. 6 fr.
10. BALFOUR STEWART.* **La Conservation de l'énergie**, suivi d'une *Études sur la nature de la force*, par M. P. de SAINT-ROBERT, avec figures. 1 vol. in-8. 6e édition. 6 fr.
11. DRAPER. **Les Conflits de la science et de la religion.** 1 vol. in-8. 10e édition. 6 fr.
12. L. DUMONT. * **Théorie scientifique de la sensibilité.** 1 vol. in-8. 4e édition. 6 fr.
13. SCHUTZENBERGER. * **Les Fermentations.** 1 vol. in-8, avec fig. 6e édit. 6 fr.
14. WHITNEY. * **La Vie du langage.** 1 vol. in-8. 4e édit. 6 fr.
15. COOKE et BERKELEY. * **Les Champignons.** 1 vol. in-8, avec figures. 4e édition. 6 fr.
16. BERNSTEIN.* **Les Sens.** 1 vol. in-8, avec 91 fig. 5e édit. 6 fr.
17. BERTHELOT. * **La Synthèse chimique.** 1 vol. in-8. 8e édit. 6 fr.

18. NIEWENGLOWSKI (H.). * **La photographie et la photochimie.** 1 vol. in-8, avec gravures et une planche hors texte. 6 fr.
19. LUYS. * **Le Cerveau et ses fonctions,** avec fig. 1 v. in-8 7e édit. 6 fr.
20. STANLEY JEVONS. * **La Monnaie et le Mécanisme de l'échange.** 1 vol. in-8. 5e édition. 6 fr.
21. FUCHS. * **Les Volcans et les Tremblements de terre.** 1 vol. in-8, avec figures et une carte en couleur. 5e édition. 6 fr.
22. GÉNÉRAL BRIALMONT. * **Les Camps retranchés et leur rôle dans la défense des États,** avec fig. dans le texte et 2 planches hors texte. 3e édit. *Épuisé.*
23. DE QUATREFAGES. * **L'Espèce humaine.** 1 v. in-8. 13e édit. 6 fr.
24. BLASERNA et HELMHOLTZ. * **Le Son et la Musique.** 1 vol. in-8, avec figures. 5e édition. 6 fr.
25. ROSENTHAL. * **Les Nerfs et les Muscles.** 1 vol. in-8, avec 75 figures. 3e édition. *Epuisé.*
26. BRUCKE et HELMHOLTZ. * **Principes scientifiques des beaux-arts.** 1 vol. in-8, avec 39 figures. 4e édition. 6 fr.
27. WURTZ. * **La Théorie atomique.** 1 vol. in-8. 8e édition. 6 fr.
28-29. SECCHI (le père). * **Les Étoiles.** 2 vol. in-8, avec 63 figures dans le texte et 17 pl. en noir et en couleur hors texte. 3e édit. 12 fr.
30. JOLY. * **L'Homme avant les métaux.** 1 v. in-8, avec fig. 4e éd. *Épuisé.*
31. A. BAIN. * **La Science de l'éducation.** 1 vol. in-8. 9e édit. 6 fr.
32-33. THURSTON (R.). * **Histoire de la machine à vapeur,** précédée d'une Introduction par M. HIRSCH. 2 vol. in-8, avec 140 figures dans le texte et 16 planches hors texte. 3e édition. 12 fr.
34. HARTMANN (R.). * **Les Peuples de l'Afrique.** 1 vol. in-8, avec figures. 2e édition. *Épuisé.*
35. HERBERT SPENCER. * **Les Bases de la morale évolutionniste.** 1 vol. in-8. 6e édition. 6 fr.
36. HUXLEY. * **L'Écrevisse,** introduction à l'étude de la zoologie. 1 vol. in-8, avec figures 2e édition. 6 fr.
37. DE ROBERTY. * **De la Sociologie.** 1 vol. in-8. 3e édition. 6 fr.
38. ROOD. * **Théorie scientifique des couleurs.** 1 vol. in-8, avec figures et une planche en couleur hors texte. 2e édition. 6 fr.
39. DE SAPORTA et MARION. * **L'Évolution du règne végétal** (les Cryptogames). 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
40-41. CHARLTON BASTIAN. * **Le Cerveau, organe de la pensée chez l'homme et chez les animaux.** 2 vol. in-8, avec figures. 2e éd. 12 fr.
42. JAMES SULLY. * **Les Illusions des sens et de l'esprit.** 1 vol. in-8, avec figures. 3e édit. 6 fr.
43. YOUNG. * **Le Soleil.** 1 vol. in-8, avec figures. *Épuisé*
44. DE CANDOLLE. * **L'Origine des plantes cultivées.** 4e éd. 1 v in-8. 6 fr.
45-46. SIR JOHN LUBBOCK. * **Fourmis, abeilles et guêpes.** Études expérimentales sur l'organisation et les mœurs des sociétés d'insectes hyménoptères. 2 vol. in-8, avec 65 figures dans le texte et 13 planches hors texte, dont 5 coloriées. *Épuisé.*
47. PERRIER (Edm.). **La Philosophie zoologique avant Darwin.** 1 vol. in-8. 3e édition. 6 fr.
48. STALLO. * **La Matière et la Physique moderne.** 1 vol. in-8. 3e éd., précédé d'une Introduction par CH. FRIEDEL. 6 fr.
49. MANTEGAZZA. **La Physionomie et l'Expression des sentiments.** 1 vol. in-8. 3e édit., avec huit planches hors texte. 6 fr.
50. DE MEYER. * **Les Organes de la parole et leur emploi pour la formation des sons du langage.** 1 vol. in-8, avec 51 figures, précédé d'une Introd. par M. O. CLAVEAU. 6 fr.
51. DE LANESSAN. * **Introduction à l'Étude de la botanique** (le Sapin). 1 vol. in-8. 2e édit., avec 143 figures. 6 fr.
52-53. DE SAPORTA et MARION. * **L'Évolution du règne végétal** (les Phanérogames). 2 vol. in-8, avec 136 figures. 12 fr.

54. TROUESSART. ***Les Microbes, les Ferments et les Moisissures.** 1 vol. in-8. 2e édit., avec 107 figures. 6 fr.
55. HARTMANN (R.). ***Les Singes anthropoïdes, et leur organisation comparée à celle de l'homme.** 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
56 SCHMIDT (O.). ***Les Mammifères dans leurs rapports avec leurs ancêtres géologiques.** 1 vol. in-8, avec 51 figures, 6 fr.
57. BINET et FÉRÉ. **Le Magnétisme animal.** 1 vol. in-8. 4e édit 6 fr.
58-59. ROMANES.* **L'Intelligence des animaux.** 2 v. in-8. 3e édit. 12 fr.
60. F. LAGRANGE. **Physiol. des exerc. du corps.** 1 v. in-8 7e édit. 6 fr.
61 DREYFUS.* **Évol. des mondes et des sociétés.** 1 v. in-8 3e édit. 6 fr.
62 DAUBRÉE * **Les Régions invisibles du globe et des espaces célestes.** 1 vol. in-8, avec 85 fig. dans le texte. 2e édit. 6 fr.
63-64. SIR JOHN LUBBOCK. * **L'Homme préhistorique.** 2 vol. in-8, avec 228 figures dans le texte. 4e édit. 12 fr.
65. RICHET (CH.). **La Chaleur animale.** 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
66. FALSAN (A.). ***La Période glaciaire principalement en France et en Suisse.** 1 vol. in-8, avec 105 figures et 2 cartes. *Épuisé.*
67. BEAUNIS (H.). **Les Sensations internes.** 1 vol. in-8. 6 fr.
68. CARTAILHAC (E.). **La France préhistorique**, d'après les sépultures et les monuments. 1 vol. in-8, avec 162 figures. 2e édit. 6 fr.
69. BERTHELOT.* **La Révolution chimique, Lavoisier.** 1 vol. in-8. 6 fr.
70. SIR JOHN LUBBOCK. * **Les Sens et l'instinct chez les animaux,** principalement chez les insectes. 1 vol. in-8, avec 150 figures. 6 fr.
71. STARCKE. ***La Famille primitive.** 1 vol. in 8. 6 fr.
72. ARLOING. * **Les Virus.** 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
73. TOPINARD. * **L'Homme dans la Nature.** 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.
74. BINET (Alf.). ***Les Altérations de la personnalité.** 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
75. DE QUATREFAGES (A.). ***Darwin et ses précurseurs français.** 1 vol. in-8. 2e édition refondue. 6 fr.
76. LEFÈVRE (A.). * **Les Races et les langues.** 1 vol. in-8. 6 fr.
77-78. DE QUATREFAGES (A.). ***Les Émules de Darwin.** 2 vol. in-8, avec préfaces de MM. E. PERRIER et HAMY. 12 fr.
79. BRUNACHE (P.). ***Le Centre de l'Afrique. Autour du Tchad.** 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
80. ANGOT (A.). ***Les Aurores polaires.** 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
81. JACCARD. ***Le pétrole, le bitume et l'asphalte** au point de vue géologique. 1 vol. in-8, avec figures. 6 fr.
82. MEUNIER (Stan.). ***La Géologie comparée.** 1 vol. in-8, avec fig. 6 fr.
83. LE DANTEC. ***Théorie nouvelle de la vie.** 2e éd. 1 v. in-8, avec fig. 6 fr.
84. DE LANESSAN.* **Principes de colonisation.** 1 vol. in-8. 6 fr.
85. DEMOOR, MASSART et VANDERVELDE. ***L'évolution régressive en biologie et en sociologie.** 1 vol. in-8, avec gravures. 6 fr.
86. MORTILLET (G. de). ***Formation de la Nation française.** 2e édit. 1 vol in-8, avec 150 gravures et 18 cartes. 6 fr.
87. ROCHÉ (G.). ***La Culture des Mers** (piscifacture, pisciculture, ostréiculture). 1 vol. in-8, avec 81 gravures. 6 fr.
88. COSTANTIN (J.). ***Les Végétaux et les Milieux cosmiques** (adaptation, évolution). 1 vol. in-8, avec 171 gravures. 6 fr.
89. LE DANTEC. **L'évolution individuelle et l'hérédité.** 1 vol. in-8 6 fr.
90. GUIGNET et GARNIER. ***La Céramique ancienne et moderne.** 1 vol., avec grav. 6 fr.
91. GELLÉ (E.-M.). * **L'audition et ses organes.** 1 v. in-8, avec gr. 6 fr.
92. MEUNIER (St.). **La Géologie expérimentale.** 1 v. in 8, avec grav. 6 fr.
93. COSTANTIN (J.). ***La Nature tropicale.** 1 vol. in-8, avec grav 6 fr.
94. GROSSE (E.). **Les débuts de l'art.** Introduction de L. MARILLIER. 1 vol in-8, avec 32 gravures dans le texte et 3 pl. hors texte. 6 fr.
95. GRASSET (J.). **Les Maladies de l'orientation et de l'équilibre.** 1 vol. in-8, avec gravures. 6 fr.

LISTE PAR ORDRE DE MATIÈRES DES VOLUMES

COMPOSANT LA

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

(95 volumes parus)

PHYSIOLOGIE

LE DANTEC. Théorie nouvelle de la vie.
GELLÉ (E.-M.). L'audition et ses organes, *ill.*
BINET et FÉRE. Le Magnétisme animal, *illustré.*
BINET. Les Altérations de la personnalité, *illustré.*
BERNSTEIN. Les Sens, *illustré.*
MAREY. La Machine animale, *illustré.*
PETTIGREW. La Locomotion chez les animaux, *ill.*
JAMES SULLY. Les Illusions des sens et de l'esprit, *illustré.*
DE MEYER. Les Organes de la parole, *illustré.*
LAGRANGE. Physiologie des exercices du corps.
RICHET (Ch.). La Chaleur animale, *illustré.*
BEAUNIS. Les Sensations internes.
ARLOING. Les Virus, *illustré.*

PHILOSOPHIE SCIENTIFIQUE

ROMANES. L'Intelligence des animaux. 2 vol. *illust.*
LUYS. Le Cerveau et ses fonctions, *illustré.*
CHARLTON BASTIAN. Le Cerveau et la Pensée chez l'homme et les animaux. 2 vol. *illustrés.*
BAIN. L'Esprit et le Corps.
MAUDSLEY. Le Crime et la Folie.
LÉON DUMONT. Théorie scientifique de la sensibilité.
PERRIER. La Philosophie zoologique avant Darwin.
STALLO. La Matière et la Physique moderne.
MANTEGAZZA. La Physionomie et l'Expression des sentiments, *illustré.*
DREYFUS. L'Évolution des mondes et des sociétés.
LUBBOCK. Les Sens et l'Instinct chez les animaux, *illustré.*
LE DANTEC. L'évolution individuelle et l'hérédité.
GRASSET. Les maladies de l'orientation et de l'équilibre, *illustré.*

ANTHROPOLOGIE

MORTILLET (G. DE). Formation de la nation française, *illustré.*
DE QUATREFAGES. L'Espèce humaine.
LUBBOCK. L'Homme préhistorique. 2 vol. *illustrés.*
CARTAILHAC. La France préhistorique, *illustré.*
TOPINARD. L'Homme dans la nature, *illustré.*
LEFÈVRE. Les Races et les langues.
BRUNACHE. Le Centre de l'Afrique. Autour du Tchad, *illustré.*

ZOOLOGIE

ROCHÉ (G.). La Culture des mers, *illustré.*
SCHMIDT. Les Mammifères dans leurs rapports avec leurs ancêtres géologiques, *illustré.*
SCHMIDT. Descendance et Darwinisme, *illustré.*
HUXLEY. L'Écrevisse (Introduction à la zoologie), *illustré.*
VAN BENEDEN. Les Commensaux et les Parasites du règne animal, *illustré.*
LUBBOCK. Fourmis, Abeilles et Guêpes. 2 vol. *illustrés.*
TROUESSART. Les Microbes, les Ferments et les Moisissures, *illustré.*
HARTMANN. Les Singes anthropoïdes et leur organisation comparée à celle de l'homme, *illustré.*
DE QUATREFAGES. Darwin et ses précurseurs français.
DE QUATREFAGES. Les Émules de Darwin. 2 vol.

BOTANIQUE — GÉOLOGIE

DE SAPORTA et MARION. L'Évolution du règne végétal (les Cryptogames), *illustré.*
DE SAPORTA et MARION. L'Evolution du règne végétal (les Phanérogames). 2 vol. *illustrés.*
COOKE et BERKELEY. Les Champignons, *illustré.*
DE CANDOLLE. Origine des plantes cultivées.
DE LANESSAN. Le Sapin (Introduction à la botanique), *illustré.*
FUCHS. Volcans et Tremblements de terre, *illustré.*
DAUBRÉE. Les Régions invisibles du globe et des espaces célestes, *illustré.*
JACCARD. Le Pétrole, l'Asphalte et le Bitume, *ill.*
MEUNIER (ST.). La Géologie comparée, *illustré.*
MEUNIER (ST.). La Géologie expérimentale, *ill.*
COSTANTIN (J.) Les Végétaux et les milieux cosmiques, *illustré.*
COSTANTIN (J.). La Nature tropicale, *illustré.*

CHIMIE

WURTZ. La Théorie atomique.
BERTHELOT. La Synthèse chimique.
BERTHELOT. La Révolution chimique : Lavoisier
SCHUTZENBERGER. Les Fermentations, *illustré.*

ASTRONOMIE — MÉCANIQUE

SECCHI (le Père). Les Étoiles. 2 vol. *illustrés.*
YOUNG. Le Soleil, *illustré.*
ANGOT. Les Aurores polaires, *illustré.*
THURSTON. Histoire de la machine à vapeur. 2 v. *ill.*

PHYSIQUE

BALFOUR STEWART. La Conservation de l'énergie, *illustré.*
TYNDALL. Les Glaciers et les Transformations de l'eau, *illustré.*

THÉORIE DES BEAUX-ARTS

GROSSE. Les débuts de l'art, *illustré.*
GUIGNET et GARNIER. La Céramique ancienne et moderne, *illustré.*
BRUCKE et HELMHOLTZ. Principes scientifiques des beaux-arts, *illustré.*
ROOD. Théorie scientifique des couleurs, *illustré.*
P. BLASERNA et HELMHOLTZ. Le Son et la Musique, *illustré.*

SCIENCES SOCIALES

HERBERT SPENCER. Introduction à la science sociale.
HERBERT SPENCER. Les Bases de la morale évolutionniste.
A. BAIN. La Science de l'éducation.
DE LANESSAN. Principes de colonisation.
DEMOOR, MASSART, et VANDERVELDE. L'Evolution régressive en biologie et en sociologie, *illustré.*
BAGEHOT. Lois scientifiques du développement des nations.
DE ROBERTY. La Sociologie.
DRAPER. Les Conflits de la science et de la religion.
STANLEY JEVONS. La Monnaie et le Mécanisme de l'échange.
WHITNEY. La Vie du langage.
STARCKE. La Famille primitive, ses origines, son développement.

Prix de chaque volume, cartonné à l'anglaise. . . . 6 francs.

LIVRES SCIENTIFIQUES

(par ordre alphabétique de noms d'auteurs)

NON CLASSÉS DANS LES SÉRIES PRÉCÉDENTES

(MÉDECINE — SCIENCES)

AGASSIZ. **De l'espèce et des classifications en zoologie.** 1 vol. in-8. 5 fr.

ANGER (Benjamin). **Traité iconographique des fractures et luxations.** 1 fort vol. in-4, avec 100 pl. hors texte color., 254 fig. et 127 bois dans le texte. 2e tirage. 1886. Relié. 150 fr.

ANTHEAUME (A.). **De la toxicité des alcools**, prophylaxie de l'alcoolisme. 1 vol. in-8. 1897. 3 fr. 50

ARMAIGNAC. **Études cliniques et anatomo-pathologiques sur les ophtalmoplégies.** In-8. 1 fr. 50

— **Mémoires et observations d'ophtalmologie pratique.** 1 vol. in-8, avec gravures. 12 fr.

AVIRAGNET. **De la tuberculose chez les enfants** in-8. 4 fr.

AXENFELD et HUCHARD. **Traité des névroses.** 2e édition, par HENRI HUCHARD, médecin des hôpitaux. 1 fort vol. in-8. 1882. 20 fr.

BARTELS. **Les maladies des reins**, préface et notes du professeur LÉPINE. 1 vol. in-8, avec fig. 7 fr. 50

BEAUREGARD (H.). **Les insectes vésicants.** 1 vol. gr. in-8, avec 34 planches et 44 gravures. 25 fr.

BELZUNG. **Recherches sur l'ergot de seigle**, in-8. 1 fr. 50

BÉRAUD (B.-J.). **Atlas complet d'anatomie chirurgicale topographique**, composé de 109 planches sur acier, avec texte. In-4. 1886 Prix : fig. noires, relié. 60 fr. — Fig. color. relié. 120 fr.

BERNARD. **De l'aphasie et de ses diverses formes.** 1 vol. in-8. 2e édit. 5 fr.

BERNARD (Claude). **Les propriétés des tissus vivants.** In-8. 2 fr. 50

BERNARD. **Champignons observés à la Rochelle** et dans les environs. 1 vol. in-8, avec 1 atlas, figures noires, 15 fr. — Coloriées. 25 fr.

BERTAUX (A.). **L'humérus et le fémur**, considérés dans les espèces, dans les races humaines, selon le sexe et selon l'âge. 1 vol. in-8. avec 89 figures en noir et en couleurs dans le texte. 1891. 8 fr.

BILLROTH et WINIWARTER. **Traité de pathologie et de clinique chirurgicales générales**, traduit d'après la 10e édition allemande. In-8, avec 180 fig. 20 fr.

BLOCQ (P.). **Des contractures.** In-8. 5 fr.

BOECKEL (Jules). **Sur les kystes hydatiques du rein au point de vue chirurgical.** 1 vol. in-8. 2 fr.

— **Des kystes du pancréas.** In-8. 1891. 3 fr.

— **Considérations sur la résection du genou**, d'après 140 opérations. 1 br. in-8. 1892. 1 fr. 25

BOREL (V.). **Nervosisme et neurasthénie.** 1894. 1 vol. in-8. 3 fr.

BOUCHARDAT (A.). **Le travail**, son influence sur la santé. 2 fr. 50

— et QUEVENNE. **Instruction sur l'essai et l'analyse du lait.** 1 br. gr. in-8. 3e édit. 1 fr. 50

BOURDEAU (Louis). **Théorie des sciences.** 2 vol. in-8. 20 fr.
— **Les forces de l'industrie.** In-8. 5 fr.
— **La conquête du monde animal.** In-8. 5 fr.
BOURDET (Eug.). **Des maladies du caractère.** In-8. 5 fr.
— **Principes d'éducation positive.** In-18. 3 fr. 50
— **Vocabulaire des principaux termes de la philosophie positive.** 1 vol. in-18. 3 fr. 50
BOURNEVILLE. **Assistance, traitement et éducation des enfants idiots et dégénérés.** In-8. 1894. 3 fr. 50
— **Recherches cliniques et thérapeutiques sur l'épilepsie, l'hystérie et l'idiotie.** 1 vol. in-8. Compte rendu du service des épileptiques et des enfants idiots et arriérés de Bicêtre, avec le concours des internes et élèves de service :
Tome I (1880), 3 fr.; Tome II (1881), 6 fr.; Tome III (1882), 4 fr.; Tome IV (1883), 5 fr.; Tome V (1884), 6 fr.; Tome VI (1885), 3 fr. 50; Tome VII (1886), 6 fr.; Tome VIII (1887), 5 fr.; Tome IX (1888), 3 fr. 50; Tome X (1889), 5 fr.; Tome XI (1890), 6 fr.; Tome XII (1891), 5 fr.; Tome XIII (1892), 7 fr.; Tome XIV (1893), texte, 7 fr.; Tome XV (1894), 5 fr.; Tome XVI (1895), 6 fr.; Tome XVII (1896), 6 fr.; Tome XVIII (1897), 6 fr.; Tome XIX (1898), 7 fr.; Tome XX (1899), 8 fr.
BOUSREZ (L.). **L'Anjou aux âges de la pierre et du bronze,** grand in-8, avec pl. hors texte. 1897. 3 fr. 50
BRAULT. **Contribution à l'étude des néphrites.** In-8. 2 fr.
BRIERRE DE BOISMONT. **Du suicide et de la folie-suicide.** 2e édition. 1 vol. in-8. 2 fr. 25
BRISSAUD (E.). **Recherches anatomiques, pathologiques et physiologiques sur la contracture permanente des hémiplégiques.** In-8, avec figures. 5 fr.
BRUHL (J.). **De la syringomélie.** In-8, avec figures. 5 fr.
BURDON-SANDERSON, FOSTER et LAUDER-BRUNTON. **Manuel du laboratoire de physiologie.** In-8, avec 184 figures. 7 fr.
CAMINADE (L.). **Du développement thoracique par la gymnastique respiratoire.** 1 vol. in-8. 1897. 3 fr.
CHARCOT (J.-B.). **Atrophie musculaire progressive.** In-8. 1895. 5 fr.
CHARCOT ET V. CORNIL. **Contributions à l'étude des altérations anatomiques de la goutte,** In-8, avec pl. 1 fr. 50
CHARCOT et PITRES. **Étude critique et clinique de la doctrine des localisations motrices dans l'écorce des hémisphères cérébraux de l'homme.** Gr. in-8. 2 fr. 50
CHIPAULT (A.) **Études de chirurgie médullaire.** *Historique. Médecine opératoire. Traitement.* 1894. 1 vol. in-8, avec 66 figures et 2 planches hors texte, en chromolith. 15 fr.
CORNIL (V.). **Découvertes de Pasteur et leurs applications à l'anatomie et à l'histologie pathologique.** In-8. 1 fr.
— **Des différentes espèces de néphrites.** In-8. 3 fr. 50
— **Leçons d'anatomie pathologique,** professées pendant le premier semestre de l'année 1883-1884. 1 vol. in-8. 4 fr.
COURMONT (Fr.). **Le cervelet et ses fonctions.** 1 vol. in-8. 12 fr.
Ouvrage récompensé par l'Académie des Sciences (Prix Mège).
— **Le cervelet,** organe psychique et sensitif. in-8. 2 fr.
CROCQ (fils). **Congrès international de neurologie, de psychiatrie, d'électricité médicale.** (1re session, Bruxelles, 1897). 3 fasc. gr. in-8. 5 fr.
DALLEMAGNE (J.). **Dégénérés et déséquilibrés.** In-8. 12 fr.
DAMASCHINO. **Les maladies des voies digestives.** In-8. 1888. 14 fr.

DAURIAC (J.-S.). **Traitement chirurgical des hernies de l'ombilic et de la ligne blanche.** 1 vol. in-8. 1896. 6 fr.

DÉJERINE. **Sur l'atrophie musculaire des ataxiques** (névrite périphérique des ataxiques), étude clinique et anatomo-pathologique. 1 vol. in-8. 3 fr.

DÉJERINE-KLUMPKE (Mme). **Des polynévrites et des paralysies et atrophies saturnines**, étude clinique et anatomo-pathologique. 1 vol. gr. in-8, avec gravures. 6 fr.

DELVAILLE. **Études sur l'histoire naturelle.** In-18. 3 fr. 50

— **De la fièvre de lait.** In-8. 2 fr. 50

— **De l'exercice de la médecine.** In-8. 2 fr.

— **Lettres médicales sur l'Angleterre.** In-8. 1 fr. 50

DEMANGE. **Etude clinique et anatomo-pathologique sur la vieillesse.** 1 vol. in-8, avec 5 planches hors texte. 4 fr.

DESCHAMPS (d'Avallon). **Compendium de pharmacie pratique.** Guide du pharmacien établi et de l'élève en cours d'études. 20 fr.

DESPAGNET. **Compte rendu de la Clinique du Dr Galezowski.** (Du 1er juillet 1880 au 1er juillet 1881.) In-8. 3 fr. 50

— **De l'irido-choroïdite suppurative dans le leucome adhérent de la cornée.** In-8. 2 fr.

DESPRÉS. **Traité théorique et pratique de la syphilis**, ou infection purulente syphilitique. 1 vol. in-8. 7 fr.

DUCKWORTH (Sir Dyce). **La goutte**, hygiène et traitement, traduit de l'anglais par le Dr RODET. Gr. in-8, avec grav. 10 fr.

DURAND DE GROS. **L'idée et le fait en biologie.** In-8. 1 fr. 50

— **Physiologie philosophique.** 1 vol. in-8. 8 fr.

— **Ontologie et psychologie physiologique.** In-18. 3 fr. 50

— **De l'hérédité dans l'épilepsie.** 50 c.

— **Les origines animales de l'homme**, éclairées par la physiologie et l'anatomie comparatives. 1 vol. in-8. 5 fr.

— **Genèse naturelle des formes animales.** In-8. 1 fr. 25

DURAND-FARDEL. **Traité pratique des maladies chroniques.** 2 vol. gr. in-8. 20 fr.

— **Traité des eaux minérales** de la France et de l'étranger, et les maladies chroniques. 3e édition. In-8. 10 fr.

ESPINAS. **La philosophie expérimentale en Italie.** In-18. 2 fr. 50

FAIVRE (E.). **De la variabilité des espèces.** In-18. 2 fr. 50

FERRIER. **Les fonctions du cerveau.** 1 vol. in-8, traduit de l'anglais par M. H.-C. de VARIGNY, avec 68 fig. dans le texte. 3 fr.

— **De la localisation des maladies cérébrales**, traduit de l'anglais par M. H.-C. DE VARIGNY, suivi d'un mémoire de MM. CHARCOT et PITRES sur *les Localisations motrices dans les hémisphères de l'écorce du cerveau.* 1 vol. in-8 et 67 fig. dans le texte. 2 fr.

FERRIÈRE. **L'âme est la fonction du cerveau.** 2 vol. in-12. 7 fr.

— **La matière et l'énergie.** 1 vol. in-12. 4 fr. 50

— **La vie et l'âme.** 1 vol. in-12. 4 fr. 50

— **Les mythes de la Bible.** 1 vol. in-12. 1893. 3 fr. 50

— **Plantes médicinales de la Bourgogne**, emploi et doses. 1892. 1 br. in-18. 1 fr. 75

FRITSCH. **Traité clinique des opérations obstétricales.** Traduit par le Dr J. STAS. In-8, avec 90 grav. 10 fr.

GALEZOWSKI. **Desmarres**, sa vie et ses œuvres. In-8. 2 fr.

— **Les troubles oculaires dans l'ataxie locomotrice.** In-8. 1 fr. 50

— **Sur l'emploi de l'aimant pour l'extraction des corps étrangers métalliques de l'œil.** In-8. 2 fr.

GILBERT (Dr V.). **Pourquoi et comment on devient phtisique.** 1 vol. in-12. 1896. 5 fr.

GLATZ (P.). **Dyspepsie nerveuse et neurasthénie.** In-12. 4 fr.

GOLDSCHMIDT (D.). **De la vaccine animale.** In-8. 1 fr.

GRÉHANT. **Recherches physiques sur la respiration de l'homme.** In-8 de 46 pages, avec 1 planche. 75 c.

GUINON (G.). **Les agents provocateurs de l'hystérie.** In-8. 8 fr.

HAMON DU FOUGERAY et L. COUETOUX. **Manuel pratique des méthodes d'enseignement spécial aux enfants anormaux.** (Sourds-muets, aveugles, idiots, bègues). Préface de BOURNEVILLE. 1 vol. in-8. 1896. 5 fr.

HERRERA (A.-L.). **Recueil des lois de la biologie générale.** 1 br. in-8. 1898. 2 fr.

HIRIGOYEN. **De l'influence des déviations de la colonne vertébrale sur la conformation du bassin.** In-8. 4 fr.

HIRTH (G.). **Les localisations cérébrales en psychologie.** *Pourquoi sommes-nous distraits?* 1 vol. in-18. 1895. 2 fr.

— **La vue plastique, fonction de l'écorce cérébrale,** trad. de l'all. par L. ARRÉAT. Gr. in-8, avec fig. et 34 pl. hors texte. 8 fr.

Hommage à M. Chevreul à l'occasion de son centenaire (31 août 1886). In-4, contenant sept mémoires de MM. BERTHELOT, DEMARÇAY, DUJARDIN-BEAUMETZ, A. GAUTIER, GRIMAUX, Georges POUCHET et Ch. RICHET. 1 fr. 50

HUCHARD (H.). **Étude critique sur la pathogénie de la mort subite dans la fièvre typhoïde.** 1 br. in-8. 1 fr. 25

HUXLEY. **La physiographie,** introduction à l'étude de la nature, traduit et adapté par M. G. LAMY. 1 vol. in-8, avec figures dans le texte et 2 planches en couleurs, broché. 2e édition. 8 fr.

JACQUES. **L'intubation du larynx.** In-8. 2 fr. 50

JAMAIN et F. TERRIER. **Manuel de pathologie et de clinique chirurgicales.** 3e édition.

TOME PREMIER. 1 fort vol. in-18. 8 fr. — *Maladies qui peuvent se montrer dans toutes ou presque toutes les parties du corps:* lésions inflammatoires, traumatiques; lésions consécutives au traumatisme ou à l'inflammation. Maladies virulentes. Tumeurs. — *Affections des divers tissus et systèmes organiques.* Affections du tissu cellulaire, maladies des bourses séreuses. Affections de la peau, des veines, des artères, des ganglions lymphatiques, des nerfs, des muscles, des tendons, des os.

TOME DEUXIÈME. 1 vol. in-18. 8 fr. — Maladies des articulations. — *Affections des régions et appareils organiques:* affections du crâne et du cerveau, du rachis, maladies de l'appareil olfactif, de l'appareil auditif, de l'appareil de la vision.

TOME TROISIÈME, p. MM. TERRIER, BROCA et HARTMANN. 1 vol. in-18. 8 fr. Malad. de l'appareil de la vision (suite), de la face, des lèvres, des dents.

TOME QUATRIÈME, par MM. TERRIER, BROCA et HARTMANN. 1 vol. in-18. 8 fr. — Maladies des gencives, des maxillaires, de la langue, de la région parotidienne, des amygdales, de l'œsophage, des voies aériennes, du larynx, de la trachée, du corps thyroïde, du cou, de la poitrine, du sein, de la mamelle, etc.

JANOT. **Contribution à l'étude des rapports morbides de l'œil et de l'utérus, œil utérin.** 1892. 1 br. in-8. 2 fr. 50

KOVALEVSKY. **L'ivrognerie,** causes, traitement. In-8. 1 fr. 50

LABORDE. **Les hommes et les actes de l'insurrection de Paris devant la psychologie morbide.** 1871. In-18 de 150 p. 2 fr. 50

LANCEREAUX. **Traité historique et pratique de la syphilis.** 2e édition. 1 vol. gr. in-8, avec fig. et planches coloriées. 17 fr.

LEFEBVRE. **Des déformations ostéo-articulaires,** consécutives à des maladies de l'appareil pleuro-pulmonaire (ostéo-arthropathie hypertrophiante de Marie). 1 vol. in-8, avec gravures. 1891. 4 fr. 50

LE FORT. **La chirurgie militaire** et les Sociétés de secours en France et à l'étranger. In-8, avec gravures. 10 fr.

LELOIR. **Traité théorique et pratique de la lèpre.** 1 vol. in-4, avec fig., tableaux et un atlas de 22 pl. 50 fr.

— **Traité pratique, théorique et thérapeutique de la scrofulo-tuberculose de la peau et des muqueuses adjacentes** (*Lupus et tuberculose qui s'y rattachent*). In 4, atlas de 15 planches. 25 fr.

LE NOIR. **Histoire naturelle élémentaire.** In-12, avec grav. 5 fr.

LÉPINE. **Le ferment glycolitique et la pathogénie du diabète.** In-8. 1891. 1 fr.

LEYDIG. **Traité d'histologie comparée de l'homme et des animaux.** 1 fort vol. in-8, avec 200 figures. 4 fr. 50

LOYE (P.). **La mort par la décapitation.** 1 vol. in-8. 6 fr.

MAC CORMAC. **Manuel de chirurgie antiseptique**, traduit de l'anglais par le docteur LUTAUD. 1 fort vol. in-8. 2 fr.

MAGNAN (V.). **Leçons cliniques sur les maladies mentales.** 1re série. In-8. 1891, 8 fr.; 2e série. In-8. 1897. 4 fr.

MAIRET. **Formes cliniques de la tuberculose miliaire du poumon** (thèse d'agrégation, 1878). 1 vol. in-8. 3 fr. 50

MANDON. **De la fièvre typhoïde**, 1 vol. in-8. 6 fr.

— **Essai de dynamique médicale.** 1 vol. in-8. 3 fr.

MANNHEIMER (M.). **Le gâtisme au cours des états psychopathiques.** 1 vol. in-8. 1897. 3 fr. 50

MAREY. **Du mouvement dans les fonctions de la vie.** 1 vol. in-8, avec 200 figures dans le texte. 3 fr.

MARREL (Dr Paul). **Les phobies**, essai sur la psychologie pathologique de la peur. 1 vol. in-8. 1895. 1 fr. 50

MENIÈRE. **Cicéron médecin.** Étude médico-littéraire. In-18. 4 fr. 50

— **Les consultations de madame de Sévigné.** Étude médico-littéraire. 1 vol. in-8. 3 fr.

— **Les moyens thérapeutiques employés dans les maladies de l'oreille.** Gr. in-8. 2 fr.

— **Du traitement de l'otorrhée purulente chronique**, considérations sur la maladie de Menière. In-18. 1 fr. 25

MOREL. **Traité des champignons.** In-18, avec grav. col. 8 fr.

MORIN (Ch.). **Structure anatomique et nature des individualités du système nerveux, causes réflexes physio-psychiques.** 1892. 1 vol. in-8. 4 fr. 50

MOURAO-PITTA. **Madère**, station médicale fixe. In-8, cart. 2 fr.

MURCHISON. **De la fièvre typhoïde.** 1 vol. in-8. 3 fr.

NÉLATON. **Éléments de pathologie chirurgicale**, par A. Nélaton, membre de l'Institut, prof. de clinique à la Faculté de médecine, etc. *Seconde édition complètement remaniée* par MM. les docteurs JAMAIN, PÉAN, DESPRÉS, GILLETTE et HORTELOUP, chirurgiens des hôpitaux. Ouvrage complet en 6 vol. gr. in-8, avec 795 fig. dans le texte. 32 fr.

On vend séparément les volumes :

TOME PREMIER, revu par le docteur Jamain. *Considérations générales sur les opérations. — Affections pouvant se montrer dans toutes les parties du corps et dans les divers tissus.* 1 fort v. gr. in-8. 3 fr.

TOME DEUXIÈME, revu par le docteur Péan. *Affections des os et des articulations.* 1 fort vol. gr. in-8, avec 288 fig. dans le texte. 5 fr.

TOME TROISIÈME, revu par le docteur Péan. *Affections des articulations* (suite), *affections de la tête, des organes de l'olfaction.* 1 vol. gr. in-8, avec 148 figures. 4 fr. 50

TOME QUATRIÈME, revu par le docteur Péan. *Affections des appareils de l'ouïe et de la vision, de la bouche, du cou, du corps*

thyroïde, du larynx, de la trachée et de l'œsophage. 1 vol. gr. in-8, avec 208 figures dans le texte. — Ne se vend pas séparément.

TOME CINQUIÈME, revu par les docteurs Péan et Després. *Affections de la poitrine, de l'abdomen, de l'anus, du rectum et de la région sacro-coccygienne.* 1 vol. gr. in-8, avec 61 fig. dans le texte. 4 fr. 50

TOME SIXIÈME, par les docteurs Després, Gillette et Horteloup. *Affections des organes génito-urinaires de l'homme. — Affections des organes génito-urinaires de la femme. — Affections des membres.* 1 vol. gr. in-8, avec 90 figures. 10 fr.

NICAISE. **Des lésions de l'intestin dans les hernies.** In-8. 3 fr.

NIEMEYER. **Éléments de pathologie interne et de thérapeutique**, annoté par M. V. CORNIL. 2 vol. gr. in-8. 4 fr. 50

NOIR (Julien). **Étude sur les tics chez les dégénérés, les imbéciles et les idiots.** 1 vol. in-8. 4 fr.

ONIMUS et LEGROS. **Traité d'électricité médicale.** 1 fort vol. in-8, avec 275 fig. dans le texte. 2e éd. par le Dr ONIMUS. 17 fr.

PAGET (Sir James). **Leçons de clinique chirurgicale.** Introduction du prof. VERNEUIL. 1 vol. gr. in-8 8 fr.

PANSIER. **Les manifestations oculaires de l'hystérie, œil hystérique.** 1892. 1 vol. in-8, 3 pl. hors texte. 4 fr.

PARENT (A.). **Compte rendu de la Clinique du Dr Galezowski.** (Du 1er novembre 1878 au 1er novembre 1879.) In-8. 1 fr. 25

PARISOT (P.). **Études d'hygiène sur Nancy** et le département de Meurthe-et-Moselle. 1893. In-8, avec 2 pl. 1 fr. 50

PETIT (L.-H.). **Des tumeurs gazeuses du cou.** 1 vol. in-8. 3 fr.

PETIT (Raymond). **De la tuberculose des ganglions du cou.** 1 vol. in-8. 1897. 4 fr.

PHILIPS (J.-P.) (DURAND DE GROS). **Influence réciproque de la pensée, de la sensation et des mouvements végétatifs.** In-8. 1 fr.

PONCET. **De l'hématocèle péri-utérine.** In-8. (thèse d'agr. 1878). 4 fr.

PORAK (Ch.). **Sur l'ictère des nouveau-nés** et le moment où il faut pratiquer la ligature du cordon ombilical. In-8. 2 fr.

— **De l'influence réciproque de la grossesse et des maladies de cœur.** 1 vol. in-8. 4 fr.

POSKIN (A.). **Préjugés populaires relatifs à la médecine et à l'hygiène.** In-18. 1898. 1 fr. 50

POUCHET (G.). **Charles Robin, sa vie et son œuvre.** In-8. 3 fr. 50

— **La biologie aristotélique.** 1 vol. in-8. 3 fr. 50

PRÉAUBERT (E.), professeur au lycée d'Angers. **La vie, mode de mouvement** (Théorie physique des phénomènes vitaux). 1 vol. in-8. 1897. 5 fr.

REGNIER (L.-R.). **Traitement des maladies des femmes par l'électricité.** 1 vol. in-8, avec grav. 1896. 6 fr.

RELLAY (P.). **Le traitement chirurg. de l'épilepsie.** In-8. 1898. 3 fr.

RETTERER (Ed.). **Développement du squelette des extrémités et des productions cornées chez les mammifères.** 1 vol. in-8, avec 4 pl. hors texte. 4 fr.

RICHARD. **Pratique journalière de la chirurgie.** 1 vol. gr. in-8, avec 215 grav. 2e édit. 5 fr.

RICHET (Ch.). **Structure des circonvolutions cérébrales** (Thèse de concours d'agrégation, 1878). In-8. 5 fr.

RIETSCH. **Reproduction des cryptogames.** In-8, avec fig. 5 fr.

ROMIÉE. **De l'amblyopie alcoolique.** In-8. 2 fr.

ROISEL. **Les Atlantes.** Études antéhistoriques. In-8. 7 fr.

ROTTENSTEIN. **Traité d'anesthésie chirurgicale.** In-8. 10 fr.

SABOURIN (Ch.). **Anatomie normale et pathologique de la glande biliaire de l'homme.** In-8, avec 233 figures. 8 fr.

SALMON (Ph.). **L'âge de la pierre**, division industrielle de la période paléolithique quaternaire et de la période néolithique. In-8. 3 fr.
— **Ethnologie préhistorique**, dénombrement et types des crânes néolithiques de la Gaule. 1 vol. in-8, avec grav. 3 fr.
— **L'Atlantide et le renne**. 1 br. in-8. 1897. 0 fr. 50
— **L'anthr. au Congrès de Saint-Étienne**, 1897. In-8. 1 fr.
SANNÉ. **Étude sur le croup après la trachéotomie**, évolution normale, soins consécutifs, complications. In-8. 4 fr.
SCHIFF. **Physiologie de la digestion**. 2 vol. in-8. 20 fr.
SERGUEYEFF. **Physiologie de la veille et du sommeil**, le sommeil et le système nerveux. 2 forts vol. in-8. 20 fr.
SIMON (P.). **Des fractures spontanées**. 1 vol. in-8. 4 fr.
— **Conférences cliniques sur la tuberculose des enfants**. 1894. 1 vol. in-8. 3 fr.
SOLLIER (Mme A.). **De l'état de la dentition chez les enfants idiots et arriérés**. 1 vol. in-8, avec gravures. 2 fr.
SŒLBERG-WELLS. **Traité pratique des maladies des yeux**. 1 fort vol. gr. in-8, avec figures. Traduit de l'anglais. 4 fr. 50
TARDIEU. **Manuel de pathologie et de clinique médicales**. 4e édition, corrigée et augmentée. 1 vol. gr. in-18. 2 fr. 50
TAYLOR. **Traité de médecine légale**, traduit sur la 7e édition anglaise, par M. le docteur Henri Coutagne. 1 vol. gr. in-8. 4 fr. 50
TERRIER (F). **De l'œsophagotomie externe**. In-8. 3 fr. 50
— **Des anévrismes cirsoïdes**. In-8. 3 fr.
— **Éléments de pathologie chirurgicale générale**. 1er fascicule: *Lésions traumatiques et leurs complications*. 1 v. in-8. 7 fr. 2e fascicule : *Complications des lésions traumatiques. Lésions inflammatoires*. 1 vol. in-8. 6 fr.
TERRILLON. **Leçons de clinique chirurgicale**. 1 v. in-8. 3 fr. 50
THÉVENIN et DE VARIGNY. **Dictionnaire abrégé des sciences physiques et naturelles**. In-18. 5 fr.
THULIÉ. **La folie et la loi**. 2e édit. 1 vol. in-8. 3 fr. 50
— **La manie raisonnante du docteur Campagne**. In-8. 2 fr.
TROLARD. **De la prophylaxie des maladies exotiques, importables et transmissibles**. 1 br. in-8. 1891. 1 fr.
TRUC. **Essai sur la chirurgie du poumon**. 1 vol. in-8. 2 fr. 50
VARIGNY (H. C. de). **Recherches expérimentales sur l'excitabilité électrique des circonvolutions cérébrales et sur la période d'excitation latente du cerveau**. In-8. 2 fr.
VASLIN (L.). **Études sur les plaies par armes à feu**. 1 vol. gr. in-8 de 225 pages, accompagné de 22 pl. en lithogr. 6 fr.
VIRCHOW. **Pathologie des tumeurs**. Tome I, grand in-8 avec 106 figures. 3 fr. 75. — Tome II, avec 74 figures. 3 fr. 75. — Tome III, avec 49 figures. 3 fr. 75. — Tome IV (1er fascicule), avec figures. 1 fr 50
WIET. **De l'élongation des nerfs**. In-8, avec figures. 4 fr.
WILLEMIN. **Des coliques hépatiques et de leur traitement par les eaux de Vichy**. 4e édit. 1 vol. in-18. 3 fr. 50
YVERT. **Traité pratique et clinique des blessures du globe de l'œil**. Introduction du Dr Galezowski. 1 vol. gr. in-8. 12 fr.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

Les Abonnements partent du 1er Janvier

Revue de médecine

Directeurs : MM. les Professeurs BOUCHARD, de l'Institut ; CHAUVEAU, de l'Institut ; LANDOUZY et LÉPINE, correspondant de l'Institut.
Rédacteurs en chef : MM. LANDOUZY et LÉPINE.

Revue de chirurgie

Directeurs : MM. les Professeurs FÉLIX TERRIER, BERGER, PONCET et QUENU.
Rédacteur en chef : M. FÉLIX TERRIER.

22e année, 1902

La *Revue de médecine* et la *Revue de chirurgie*, qui constituent la 2e série de la *Revue mensuelle de médecine et de chirurgie*, paraissent tous les mois ; chaque livraison de la *Revue de médecine* contient de 5 à 6 feuilles grand in-8 ; chaque livraison de la *Revue de chirurgie* contient de 8 à 9 feuilles grand in-8.

PRIX D'ABONNEMENT :

Pour la Revue de Médecine		Pour la Revue de Chirurgie	
Un an, Paris	**20** fr.	Un an, Paris	**30** fr.
Un an, départements et étranger	**23** fr.	Un an, départements et étranger	**33** fr.
La livraison **2** francs		La livraison **3** francs	

Les **deux Revues** réunies : un an, Paris, **45** francs ; départements et étranger, **50** francs.

Les quatre années de la *Revue mensuelle de médecine et de chirurgie* (1877, 1878, 1879 et 1880) se vendent chacune séparément **20** francs ; la livraison, **2** francs.

Les années écoulées de la *Revue de médecine* se vendent **20** francs chacune ; les dix-huit premières années de la *Revue de chirurgie* se vendent le même prix et, à partir de l'année 1899, **30** francs chacune.

Journal de l'Anatomie
et de la Physiologie normales et pathologiques

DE L'HOMME ET DES ANIMAUX

Fondé par Ch. ROBIN, continué par Georges POUCHET

Dirigé par MATHIAS DUVAL,

Membre de l'Académie de médecine, Professeur à la Faculté de médecine de Paris.

Avec le concours de MM. les Professeurs RETTERER et TOURNEUX.

38e année, 1902

Ce journal paraît tous les deux mois et a pour objet : la *tératologie*, la *chimie organique*, l'*hygiène*, la *toxicologie* et la *médecine légale* dans leurs rapports avec l'anatomie et la physiologie, les applications de l'anatomie et de la physiologie à la *pratique de la médecine, de la chirurgie et de l'obstétrique*.

Il forme à la fin de l'année un beau volume grand in-8°, de 700 pages environ, avec de nombreuses gravures dans le texte et des planches lithographiées en noir et en couleur hors texte.

Un an : pour Paris, **30** francs ; pour les départements et l'étranger, **33** francs. — La livraison, **6** francs.

La première année, 1864, est épuisée ; les suivantes, 1865, 1866, 1867, 1868, 1869, 1870-71, 1872, 1873, 1874, 1875, 1876 et 1877, sont en vente au prix de **20** francs l'année, et de **3** fr. **50** la livraison. Les années ultérieures, depuis 1878, coûtent **30** francs chacune, la livraison, **6** francs.

Annales d'électrobiologie,
d'électrothérapie et d'électrodiagnostic

5e année, 1902

Directeur : E. DOUMER, professeur à la Faculté de médecine de Lille, docteur ès sciences.

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

D'ARSONVAL (A.), membre de l'Institut, professeur au Collège de France ; BENEDIKT (M.), professeur d'électrothérapie à l'Université de Vienne ; CHATZKI (S.), professeur agrégé à l'Université de Moscou ; CHAUVEAU, membre de l'Institut, professeur au Muséum ; DUBOIS (P.), privat-docent d'électrothérapie à Berne ; ERB (W.), professeur de clinique médicale à l'Université de Heidelberg ; GRUNMACH (H.), professeur de radiologie à l'Université de Berlin ; HEGER (P.), directeur de l'Institut physiologique Solvay de Bruxelles ; HERMANN (L.), professeur de physiologie à

l'Université de Kœnisberg; KRONECKER (H.), professeur de physiologie à l'Université de Bern; LA TORRE (F.), professeur agrégé à l'Université de Rome; LEDUC (S.), professeur de physiq médicale à l'École de médecine de Nantes; LEMOINE (G.), professeur de clinique médicale à l'Ui versité de Lille; OUDIN (P.), ancien interne des hôpitaux de Paris; PRÉVOST (J.-L.), professeur physiologie à l'Université de Genève; DE RENZI, professeur à l'Université de Naples; SCHIFF (E professeur agrégé à l'Université de Vienne; TIGERSTEDT (R.), professeur de physiologie à l'Ui versité de Helsingfors (Finlande); TRIPIER (A.), de Paris; WALLER (A.), professeur de physi logie à Saint-Mary's Hospital Medical School, Londres; WEISS (G.), professeur agrégé à l'Éco de médecine de Paris; WERTHEIMER (E.), professeur de physiologie à l'Université de Lill WERTHEIM-SALOMONSON (J.-K.-A.), professeur à l'Université d'Amsterdam.

Un an : Paris, **26** francs; départements et étranger, **28** francs. — La livraison, **5** francs.

Paraissent tous les deux mois.

Revue de l'École d'Anthropologie de Paris

RECUEIL MENSUEL

PUBLIÉ PAR LES PROFESSEURS (**12e année, 1902**)

La **Revue de l'École d'Anthropologie de Paris** paraît le 15 de chaque mois Chaque livraison forme un cahier de deux feuilles in-8 raisin de 32 pages.

Abonnement : Un an (à partir du 15 janvier) pour tous pays, **10** francs; la livraiso **1** franc.

Recueil d'ophtalmologie

Dirigé par MM. les docteurs GALEZOWSKI et CHAUVEL.

Mensuel. — 3e série. — 22e année, 1902. — Abonnement : Un an, France e étranger, **20** francs.

Revue de thérapeutique médico-chirurgicale

Publiée sous la direction de MM. les professeurs BOUCHARD, GUYON, LANNELONGUE, LANDOUZ et FOURNIER. — Rédacteur en chef : M. le docteur RAOUL BLONDEL.

69e année, 1902

Paraît les 1er et 15 de chaque mois. — Abonnement : Un an, France, **12** francs étranger, **13** francs.

Annales des Sciences Psychiques

RECUEIL D'OBSERVATIONS ET D'EXPÉRIENCES

Dirigé par le docteur DARIEX (**12e année, 1902**)

Les **Annales des Sciences psychiques** paraissent tous les deux mois. Chaque livraiso forme un cahier de quatre feuilles in-8 de 64 pages.

Abonnement : Un an, du 15 janvier, **12** francs; la livraison, **2** fr. **50**.

Revue Médicale de l'Est

PARAISSANT LE 1er ET LE 15 DE CHAQUE MOIS (**29e année, 1902**)

Comité de Rédaction : MM. les professeurs BARABAN, BERNHEIM, DEMANGE, GROSS, HERGOTT HEYDENREICH, SCHMITT, SPILLMANN, de la Faculté de médecine de Nancy.

Rédacteur en chef : M. P. PARISOT, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Nancy.

Abonnement : Un an, du 1er janvier, **12** francs. — Pour les étudiants, **6** francs.

Journal de Neurologie

Psychiatrie, Psychologie, Hypnologie

Dirigé par les Docteurs X. FRANCOTTE, J. CROCQ FILS, VAN GEHUCHTEN

7e année, 1902

Abonnement : **10** francs par an (**8** francs pour la Belgique)

Archives italiennes de Biologie

Publiées en français par A. MOSSO, professeur à l'Université de Turin.

Tomes I et II, 1882, **30** francs. — Tomes III à XXXV (1883 à 1901), chacun **20** francs.

Ces *Archives* paraissent sans périodicité fixe; chaque tome, publié en 3 fascicules, coûte **20** francs, payables d'avance.

5140. — L.-Imprimeries réunies, 7, rue Saint-Benoit, Paris.

